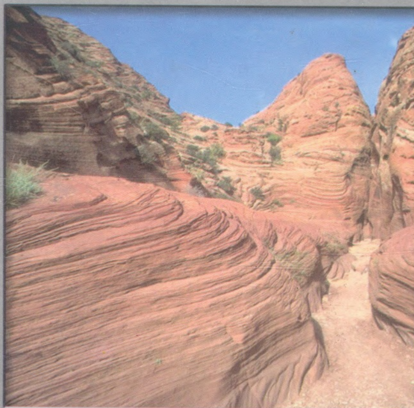


الچيولوچيا الفيزيقية والتاريخية

٢٩

الدكتور
حافظ شمس الدين عبد الوهاب



دار الفكر العربي

سلسلة الفكر العربي
لمراجع العلوم الأساسية
-٢٩-

الچيولوچيا

الفيزيقية والتاريخية

ترجمة

الدكتور حافظ شمس الدين عبد الوهاب
أستاذ الچيولوچيا بكلية العلوم جامعة عين شمس
عضو المجمع العلمى المصرى
خبير مجمع اللغة العربية
زميل جامعه بنسلفانيا بالولايات المتحدة الأميركية

الطبعة الأولى
١٤٢٧هـ / ٢٠٠٦م

ملتزم الطبع والنشر
دار الفكر العربى
٩٤ شارع عباس العقاد- مدينة نصر- القاهرة
ت: ٢٧٥٢٩٨٤ - فاكس: ٢٧٥٢٧٣٥
٦ أ شارع جواد حسنى - ت: ٣٩٣.١٦٧
www.darelfikrelarabi.com
INFO@darelfikrelarabi.com

هذه ترجمة لكتاب

GEOLOGY
Made Simple

تأليف

WILLIAM MATTHEWS

HEINEMANN : LONDON (1993).

ترجمة

الدكتور حافظ شمس الدين عبد الوهاب
أستاذ الچيولوچيا بكلية العلوم جامعة عين شمس

مراجعة

الدكتور محمد يوسف حسن
أستاذ الچيولوچيا بكلية العلوم جامعة عين شمس
عضو مجمع اللغة العربية

٥٥,١ حافظ شمس الدين عبد الوهاب، مترجم.
ح ا ج ى الچيولوچيا الفيزيقية والتاريخية = Geology madesimple
[تأليف] William Matthews؛ ترجمة حافظ شمس الدين عبد الوهاب؛ [مراجعة] محمد يوسف حسن.- القاهرة: دار الفكر العربي، ٢٠٠٦م.
٥٧٩ ص ؛ إيض ٢٤سم. - (سلسلة الفكر العربي لمراجع العلوم الأساسية؛).
ببليوجرافية: ص [٥٦٩] - ٥٧٧.
يشتمل على ملاحق وكشاف.
يشتمل على معجم المصطلحات الچيولوچية المستعملة فى الكتاب.
تدمك : ٦ -٢٠٥٣- ١٠ - ٩٧٧.
١- الچيولوچيا الفيزيقية. ٢- الچيولوچيا التاريخية.
أ- محمد يوسف حسن، مراجع. ب - العنوان .
جـ - السلسلة.

جمع إلكترونى وطباعة



تصميم وإخراج فنى

ثريا إبراهيم حسين

رقم الإيـــداع ٣٤٢٦ / ٢٠٠٦

تقديم السلسلة

الحمد لله رب العالمين. . خلق الإنسان، علّمه البيان،

والصلاة والسلام على أشرف المرسلين، سيدنا محمد النبى الأمى العربى الصادق الأمين، وعلى آله وصحبه والتابعين بإحسان إلى يوم الدين.

أما بعد،

فإن اللغة - أىّ لغة - هى وسيلة التواصل الفكرى بين أبناء الأمة الواحدة، وهى فى الوقت نفسه تمثل حاجة ملحّة، وضرورة لا غنى عنها لكل أمة تشرع فى النهوض من كبوتها وتسعى إلى اللحاق بركب الحضارة، مؤمنة بالدور الأساسى للعلوم الأساسية والتطبيقية والتقنية فى صنع التقدم والرقى.

هذه الحقيقة التاريخية استوعبها علماء الحضارة العربية الإسلامية عندما ترجموا معارف السابقين إلى اللغة العربية، واستوعبها أيضا الغربيون عندما ترجموا علوم الحضارة العربية الإسلامية فى أوائل عصر النهضة الأوربية الحديثة، وتعيها اليوم كل الأمم التى تدرس العلوم بلغاتها الوطنية، فى سعى حثيث نحو المشاركة الفعالة فى إنتاج المعرفة وتشييد صرح الحضارة المعاصرة.

ولقد أضحى أمر تعريب العلم والتعليم ضرورة من ضرورات النهضة العلمية والتقنية التى تنشدها أمتنا العربية الإسلامية لكى تستأنف مسيرتها الحضارية بلغة القرآن الكريم الذى حفظها قوية حية فى النفوس على الرغم من الوهن الذى أصاب أهلها، وما ذلك إلا لأن الله - سبحانه وتعالى - قد خصّها بصفات تميزها على غيرها. وكفلها بحفظه حين تكفّل بحفظ قرآنه العظيم.

والحديث عن هذه الضرورة الحضارية لتعريب العلم والتعليم قد تجاوز الآن مرحلة الإقناع بالأدلة والبراهين المستقاة من حقائق التاريخ ومعطيات الواقع المعاش، وعليه أن ينتقل إلى مرحلة التخطيط والتنفيذ، وفق أسس وضمانات منهجية مدروسة، وعن طريق آليات ومؤسسات قادرة على إنجاز المشروع الحضارى الكبير؛ ذلك أن اجتياز حالة التخلف العلمى والتقنى التى تعيشها الأمة العربية والإسلامية يجب أن يصبح هدفا عزيزا تُستحث لأجله الهمم، وتستثار العزائم.

ودار الفكر العربى - من جانبها - قد استشعرت خطورة تأخير هذا المشروع الحضارى الكبير، فسعت جاهدة إلى تحقيق الهدف النبيل، وشرعت فى إعداد «**سلسلة مراجع العلوم الأساسية**» فى مجالات الكيمياء والفيزياء والرياضيات والفلك والچيولوچيا وعلوم الحياة، بحيث تخاطب قارئ العلوم فى مراحل العمر المختلفة بصورة عامة، وطلاب المرحلتين الثانوية والجامعية على وجه الخصوص، فى ضوء الأهداف الآتية:

* ربط المادة العلمية بما يدرسه الطلاب فى مناهجهم الدراسية، وعرضها على نحو يوافق التصور الإسلامى للمعرفة، ويحقق أهداف وغايات التربية الإسلامية الرشيدة.
* إثراء الثقافة العلمية لدى الطلاب والارتقاء بذوقهم العلمى مع تنمية الجانب التجريبى والتطبيقى لتعويدهم حسن الاستفادة من كل ملكات الفكر والعمل التى وهبها الله - سبحانه وتعالى - للإنسان.
* إبراز الدور الرائد الذى قام به علماء الحضارة العربية الإسلامية - قديما وحديثا - فى دفع مسيرة التقدم العلمى.
* تتبع نمو المفاهيم العلمية وصولا إلى أحدث الكشوف والمخترعات، وذلك بهدف غرس منهجية التفكير العلمى لدى الطلاب، وتوسيع مداركهم إلى أبعد من حدود الموضوعات الدراسية المقررة عليهم.
* الالتزام بما أقرته مجامع اللغة العربية من مصطلحات علمية، ويفضل أكثرها شيوعا مع ذكر المقابل الأجنبى.

وقد عهدت **دار الفكر العربى** بالمسئولية العلمية إلى هيئة استشارية تتولى التخطيط لإصدارات هذه السلسلة، واستكتاب أهل الخبرة والاختصاص من علماء الأمة ومفكريها، ومناقشة الأعمال المقدمة قبل صدورها.

﴿رَبَّنَا لا تُزِغْ قُلُوبَنَا بَعْدَ إِذْ هَدَيْتَنَا وَهَبْ لَنَا مِن لَّدُنكَ رَحْمَةً إِنَّكَ أَنتَ الْوَهَّابُ ۝٨﴾ [آل عمران].

وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين

أحمد فؤاد باشا

اللجنة الاستشارية لسلسلة الفكر العربى

لمراجع العلوم الأساسية

جميع المراسلات والاتصالات على العنوان التالى:

دار الفكر العربى

سلسلة الفكر العربي لمراجع العلوم الأساسية

٩٤ شارع عباس العقاد - مدينة نصر - القاهرة

ت: ٢٧٥٢٩٨٤ - فاكس: ٢٧٥٢٧٣٥

www.darelfikrelarabi.com
INFO@darelfikrelarabi.com

مقدمة

بالرغم من أن دراسة الجيولوجيا تعد من الموضوعات الجديدة بالاهتمام،حيث تتشعب فروعها وتتنوع لتشمل أكثر من عشرين تخصصا، منها على سبيل الذكر الجيولوجيا الاقتصادية وجيولوجيا البترول والزلازل والبراكين وجيولوجيا البيئة والجيولوجيا الطبية وغيرها. إضافة إلى أن علم الجيولوجيا صار مرتبطا بشكل كبير مع علوم الهندسة والتعمير وعلوم الفضاء والمحيطات والاستشعار من بعد والعلوم العسكرية. إلا أنه، ومع الأسف ،لا تضم المكتبة العربية مؤلفات أو كتب مترجمة عن علم الجيولوجيا سوى عدد قليل لا يتجاوز عدد أصابع اليدين، إضافة إلى ذلك فإن هذه الكتب المؤلفة أو المترجمة لا تتضمن إلا موضوعات قليلة معينة، مثل تأليف أو ترجمة كتاب عن علم المعادن أو الحفريات أو الصخور... وهكذا، فلم تعرف المكتبة العربية كتابا مرجعيا متكاملا تقريبا فى علم الجيولوجيا يضم الفروع المتشعبة للجيولوجيا فى مجلد واحد. وكانت أول محاولة لإصدار كتاب مرجعى شامل فى الجيولوجيا، حين قمت بترجمة كتاب **Geology, made simple** بتكليف من اكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا والذى صدر فى نهاية عام ٢٠٠٢ ليلبى مطلبا ملحا فى المكتبة العربية، وسرعان ما نفدت نسخ الكتاب فى غضون شهرين.

وإذا كانت «دار الفكر العربى» قد أخذت على عاتقها واستمرارا لرسالتها فى إثراء المكتبة العربية بالكتب والمراجع المؤلفة أو المترجمة لفروع العلم وتطبيقاتها، أن تتكفل بإصدار هذا الكتاب فى طبعة جديدة وإصدارة قشيبة، فإنها تكون قد فتحت الطريق لتشجيع إثراء المكتبة العربية بالمراجع والكتب القيمة التى تساعد على تفهم أفضل للعلوم وتطبيقاتها بطريقة ميسرة، وتدفع الهمم بين العلماء للكتابة باللغة العربية تأليفا وترجمة، وخاصة أننا أحوج ما تكون إليها فى هذا الوقت بالذات، الذى تتصارع فيه أمة اللغة العربية مع تحديات كثيرة تحاول بدهاء وسوء قصد طمس الهوية العربية، لكن اللغة العربية باقية بإذن الله وبفضله وبجهود أبنائها الذين يدعمونها ويضيفون إليها ما نضح على صبرهم وجهدهم وحرارة إيمانهم برسالتهم للحفاظ على اللغة العربية شامخة سامقة.

إن باب الترجمة والتأليف باللغة العربية، قد يكون شاقا فى مجال العلوم، لكنه ليس مستعصيا أو مستحيلا. ولا أزعم أننى وجدت الباب مفتوحا لترجمة كتاب مرجعى فى الچيولوچيا من اللغة الإنجليزية إلى اللغة العربية. فالكتاب يضم بين جناحيه قسمين كبيرين هما الچيولوچيا الفيزيقية بكل تشعباتها والچيولوچيا التاريخية بكل أقسامها، بل إننى وجدت الباب مغلقا فعالجته حتى انفتح، وتركته مفتوحا لمن يريد الولوج، وهو لا شك فى حاجة إلى إرادة وهمّة وإيمان بقيمة العمل ومردوده فى دعم مسيرة اللغة العربية وسط هذا البحر العاتى من تغريب اللغة العربية. إن دعم مسيرة تعريب العلم لتوطينه بين أهله يعد واجبا قوميا وضرورة وطنية ملحة، حتى لا تصبح اللغة العربية مغيبة فى أوطانها ومهمشة بين أهلها، وبالرغم من أن المسيرة شاقة وطويلة، لكن أولها خطوة ضيقة لا بد أن تتخذ، والغيث المنهمر يبدأ بقطرة صغيرة.

وهذا الكتاب رغم بساطته فى الأسلوب، إلا أن شموليته سوف تفيد الطالب الجامعى ودارس الچيولوچيا بصفة عامة، أو القارئ الذى يبحث عن الثقافة العلمية الراقية بأسلوب علمى مبسط يسهل استيعابه وهضمه بيسر.

إضافة إلى ذلك فقد زود الكتاب بالرسوم الإيضاحية المبسطة التى تساعد على تفهم الموضوعات أكثر وأكثر. كما زوِّد بمعجم للمصطلحات الچيولوچية التى وردت فى الكتاب فى الصورة التى أقرها واعتمدها مجمع اللغة العربية بالقاهرة ومجامع اللغة العربية على مستوى العالم العربى كله.

وأود أن أتوجه بالشكر والامتنان للأستاذ الدكتور عبد الحافظ حلمى محمد أستاذ علم الحيوان بكلية العلوم جامعة عين شمس، عضو مجمع اللغة العربية على كريم اقتراحاته فى أثناء الإعداد لطباعة الكتاب.

أرجو أن يعود هذا العمل بالفائدة المرجوّة على كل دارس للچيولوچيا أو قارئ لها باللغة العربية، وأن يكون الله عونا لنا على نشر العلم وتفهمه وتوطينه، وأن يوفق كل جهد مخلص يدعم العلم بلغته العربية مؤلفا أو مترجما، وأرجو الله أن يجعل هذا العمل خالصا لوجهه الكريم، إنه أعظم مسؤول وأكرم مأمول.

والحمد لله رب العالمين،،،،

القاهرة: محرم ١٤٢٧هـ — حافظ شمس الدين عبد الوهاب

فبراير ٢٠٠٦م

مترجم الكتاب

الأستاذ الدكتور حافظ شمس الدين عبد الوهاب

أستاذ الجيولوجيا بكلية العلوم جامعة عين شمس

عضو المجمع العلمي المصري

خبير مجمع اللغة العربية

زميل جامعة بنسلفانيا بأمريكا

تخرج الدكتور حافظ شمس الدين عبد الوهاب في كلية العلوم وحصل على درجة البكالوريوس في الكيمياء والجيولوجيا بمرتبة الشرف ودرجة الماجستير في العلوم في الجيولوجيا (تخصص معادن وجيوكيمياء) ودكتوراه الفلسفة في الجيولوجيا في الصخور والمعادن. كذلك حصل على دراسات عليا ودبلوم في الجيولوجيا المتقدمة من الكلية الإمبراطورية للعلوم والطب والتكنولوجيا بجامعة لندن بإنجلترا، وأيضًا حصل على درجة الزمالة من كلية دراسات البيئة بجامعة بنسلفانيا بالولايات المتحدة الأميركية.

عمل الدكتور حافظ شمس الدين معيدا بجامعة أسيوط ثم انتقل إلى كلية العلوم جامعة عين شمس، حيث عمل معيدًا بها وتدرج في سلك هيئة التدريس حتى رقي إلى درجة أستاذ الجيولوجيا (تخصص جيوكيمياء ومعادن الصخور الرسوبية) حتى الآن.

في خارج مصر، عمل الدكتور حافظ شمس الدين باحثا زائرًا في قسم المعادن بجامعة لوراند أدفوش بجمهورية المجر وفي قسم الرسوبيات بالكلية الإمبراطورية بلندن، وفي قسم الرسوبيات وجيولوجيا البحار بمعهد سمثونيان بواشنطن بأميركا، كذلك عمل أستاذًا محاضرا في معهد علوم الأرض بجامعة الجزائر للعلوم والتكنولوجيا بالجمهورية الجزائرية وأستاذًا محاضرا وزميلا بكلية دراسات البيئة بجامعة بنسلفانيا بالولايات المتحدة الأميركية.

في داخل مصر قام بالتدريس في جامعات عين شمس وأسيوط والمنصورة والمنوفية والزقازيق لطلاب مراحل البكالوريوس والدبلوم العالي والماجستير، إضافة إلى

إشرافه على قسم العلوم الطبيعية والبيولوجية بمعهد الدراسات والبحوث البيئية بجامعة عين شمس وكذا رئاسة شعبة الچيولوچيا بكلية التربية ببنها.

الدكتور حافظ شمس الدين عضو بالمجمع العلمى المصرى وخبير فى مجمع اللغة العربية منذ أكثر من سبع عشرة سنة ويشارك فى تحرير الموسوعات (دوائر المعارف) التى تصدرها الأردن والكويت. وفى داخل مصر شارك فى إصدار أول موسوعة عربية عالمية مؤلفة وكان مديرا لتحريرها، كذلك هو عضو فى اللجنة القومية لتاريخ وفلسفة العلوم بأكاديمية البحث العلمى والتكنولوچيا وعضو فى اللجنة الوطنية لليونسكو. وهو أيضًا عضو فى الجمعية المصرية لتعريب العلوم، ومحكم فى منح جوائز الدولة فى علوم البيئة.

فى مجال البحث العلمى أشرف على ١٨ رسالة لدرجتى الماچستير والدكتوراه فى مجالات الصخور الرسوبية والمعادن المشعة وچيولوچيا المياه والچيوكيمياء وعلوم البيئة والآثار وتكنولوچيا تطبيقات المعادن فى الصناعة، أجيزت جميعها، وقام بتحكيم العديد من رسائل درجتى الماچستير والدكتوراه فى مختلف الجامعات المصرية والعربية، وهو محكم فى العديد من المجلات العلمية العالمية المتخصصة فى الچيولوچيا وعلوم البيئة.

نشر الدكتور حافظ شمس الدين أكثر من ٣٧ بحثًا علميًا فى مجالات الچيولوچيا المختلفة نشرت فى مجلات علمية عالمية تصدر فى الولايات المتحدة الأميركية وإنجلترا والنمسا وسويسرا والمجر وفرنسا وإيطاليا وكندا ومصر وهو عضو فى العديد من الجمعيات العلمية فى مصر وإنجلترا والولايات المتحدة الأميركية.

إضافة إلى ذلك فالدكتور حافظ شمس الدين له إسهامات بارزة فى الترجمة والتأليف ووضع المعاجم والمصطلحات باللغات العربية والإنجليزية والفرنسية فى مصر والعالم العربى. وهو مدقق لغوى للعديد من الهيئات العلمية والمجلات المتخصصة فى مجالات الچيولوچيا وعلوم التنمية والبيئة واللغة العربية.

المحتويات

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

القسم الأول
PART 1

الچيولوچيا الفيزيقية
PHYSICAL GEOLOGY

الفصل الأول

هذه الأرض ... كوكبنا

THIS EARTH OF OURS

نحن نعيش فوق كوكب عجيب يسمى الأرض، ومع ذلك فإن معظمنا يعرف القليل فقط عن تركيبه وتاريخه . إننا نستغل نواتج التربة التى تكونت من عمليات تجوية الصخور، ونستخدم الفحم والغاز الطبيعى وزيت البترول، وكلها تكونت من بقايا نباتات وحيوانات ما قبل التاريخ، كذلك نستمتع بجمال الأحجار الكريمة التى أمدتنا بها الأرض . وإذا نظرنا إلى أهمية ما نحصل عليه من الأرض لتنمية الصناعة الحديثة، فإننا سوف نجد أن المصادر الضخمة للثروة المعدنية مثل الرصاص والحديد والفحم والبترول التى تستخرج من الأرض، أصبحت فى متناول الأيدى من خلال الدراسات الچيولوچية الأساسية والتطبيقية وكذلك الچيولوچيا الهندسية.

وأمدتنا الأرض كذلك بأشياء كثيرة نستمتع بجمالها المتفرد، ففى بريطانيا مثلا هناك خانق «شيدار» وطريق العمالقة ومنطقة البحيرات؛ ثم هناك الينابيع الحارة فى نيوزيلندا وحاجز الشعاب العظيم فى أستراليا، كذلك مشاهد البراكين ومساقط المياه المثيرة للإعجاب. كل هذه الظواهر والكثير غيرها تكونت بفعل العمليات الچيولوچية، والتى لا تزال تعمل فى باطن الأرض وعلى سطحها حتى يومنا هذا. وبالطبع فإن هذه العوامل الچيولوچية هى ذاتها التى بدأت فى تشكيل الأرض بعد مولدها مباشرة منذ أربعة أو خمسة آلاف مليون سنة.

١- طبيعة ومجال علم الچيولوچيا The Nature and Scope of Geology

ما هى الچيولوچيا؟

اشتقت الكلمة من أصل إغريقى «جيو» بمعنى أرض و«لوجيا» بمعنى معالجة أو علم، فالچيولوچيا هو العلم الذى يختص بدراسة أصل الأرض وتاريخها وبنائها وسكانها كما هو مسجل فى الصخور.

وكانت أحداث يوليو عام ١٩٦٩ انطلاقا جديدا لعلم الچيولوچيا خارج نطاقه التقليدى فأدخلته عصر الفضاء، عندما وضع الإنسان قدميه على سطح القمر وأحضر معه عينات من صخوره، لكى يدرسها الچيولوچيون وعلماء الأرض.

ولا يوجد أحد منا - حتى الآن - يعلم ما الذى سوف تؤدى إليه هذه الدراسات. هل سنحصل على صورة أوضح لأصل القمر والأرض؟ هل سنجد خامات معدنية ثمينة أو معادن ليست معروفة لنا حتى الآن؟ ربما يتمكن الإنسان من زيارة كواكب أخرى فى نظامنا الشمسى قبل نهاية هذا القرن. وبالطبع فإن ذلك - لو حدث - فسوف يستحدث فروعا مبهرة لعلم الچيولوچيا.

ولنعد مرة أخرى إلى كوكبنا، فبالنسبة للچيولوچى ليست الأرض ببساطة هى الكوكب الذى نعيش فوقه، لكنها الأرض بزلازلها وبراكينها ومناجمها وحفرياتها وكانت وستظل هى الشغل الشاغل للجيولوجيين. كم عمر الأرض؟ ومن أين أتت؟ ومن أية مادة صنعت؟ وللإجابة على هذه الأسئلة فلا بد لعلماء الأرض أن يدرسوا أدلة الأحداث التى وقعت منذ ملايين السنين، ولا بد لنا أن نضاهى هذه الأحداث بأحداث مشابهة تحدث فى أيامنا الحالية. مثال ذلك فالچيولوچى يحاول أن يحدد أماكن وامتدادات المحيطات القديمة وسلاسل الجبال، ويتتبع تطور الحياة كما هو مسجل فى صخور لها أعمار مختلفة، كذلك يدرس الچيولوچى تركيب الصخور والمعادن التى تكون القشرة الأرضية، وذلك فى محاولة لتحديد أماكن جديدة للمعادن الاقتصادية القيمة الموجودة فى هذه الأماكن لإمكانية استغلالها. وحتى يواصل الچيولوچيون دراساتهم، فلا بد لهم أن يستعينوا بالعلوم الأساسية الأخرى مثل علم الفلك الذى يختص بدراسة طبيعة وحركة الكواكب والنجوم والأجسام السماوية الأخرى؛ كذلك تحديد موقع الأرض فى

الكون، وأيضا دراسة النظريات العديدة التى تضع فروضا عن أصل ونشأة الأرض. ولا بد من الاستعانة أيضا بعلم الكيمياء الذى يختص بدراسة التركيب الكيميائى للمواد المكونة للأرض والتغيرات التى طرأت عليها. وكذلك علم الفيزيقا (دراسة المادة والحركة) الذى يساعد على تفسير القوى الطبيعية المختلفة التى تؤثر فى الأرض وردود الفعل من المواد المكونة للأرض ضد هذه القوى المؤثرة.

ولكى نتفهم طبيعة النباتات والحيوانات التى عاشت فيما قبل التاريخ فلا بد لنا أن نرجع إلى علم البيولوجيا، الذى يختص بدراسة كل أشكال الحياة؛ فعلم الحيوان يمدنا بمعلومات قيمة عن الحيوانات القديمة وعلم النبات يساعدنا على تفهم طبيعة الحفريات النباتية. وبالاستفادة من هذه العلوم وغيرها، يصبح الچيولوچى قادرا على استيعاب مشاكل كثيرة ومعقدة تعترضه عند دراسة الأرض وتاريخها. ومجال علم الچيولوچيا واسع جدا ويتشعب إلى قسمين كبيرين هما الچيولوچيا الفيزيقية Physical Geology والچيولوچيا التاريخية Historical Geology.

ولسهولة الدراسة، فإن كل قسم ينقسم إلى عدد من الأفرع المتخصصة. وعموما فإن مصطلح علم الأرض يستخدم لدراسة الچيولوچيا، ومع ذلك فإن علم الأرصاد الجوية (دراسة الغلاف الجوى) وعلم المحيطات وعلم الفلك تدخل كلها فى نطاق علم الچيولوچيا.

٢-الچيولوچيا من حولنا The Geology Around Us

كيف يمكننا دراسة الكثير عن كوكب الأرض واستنباط التاريخ الذى يمكن قراءته من صخور هذا الكوكب؟ فى الواقع أن هذا شىء بسيط للغاية. فالچيولوچيا تعنى كل شىء حولنا، فمختبر الچيولوچى هو الأرض التى يقف فوقها، وكل خطوة يخطوها فى الحقل وكل مسافة يقطعها سوف تسوقه إلى معايشة العمليات الچيولوچية ونتائجها . مثال ذلك عندما يلتقط عينة من الحجر الجيرى العادى؛ من المحتمل أن تكون محتوية على حفريات، ومن الممكن أن هذه الحفريات تمثل بقايا حيوانات عاشت فى بعض بحار ما قبل التاريخ والتى ربما تكون قد غطت هذه المنطقة . وربما تكون أنت قد مشيت على امتداد ضفة نهر ما، لاحظ الغرين الذى

خلَّفه الفيضان الأخير . هذا سوف يجعلنا نفكر فى قدرة المياه الجارية على وضع الرواسب، والتى ستصبح فيما بعد صخورا رسوبية.. لاحظ أيضا كيف أن التيارات النهرية السريعة قد نحتت جوانب النهر وأن أجزاء من التربة قد أزيلت بفعل عوامل التحات والعوامل الچيولوچية المؤثرة تأثيرا بالغا فى تشكيل سطح الأرض ومظاهره. وربما ترى حقلا ينتج محصولا من القمح وتربة هذا الحقل سوداء.

سوف يدهشك أن تعرف أن هذه التربة السوداء الغنية قد أتت من الحجر الجيرى الطباشيرى الأبيض الموجود أسفل هذه التربة السوداء ... وفى حياتنا اليومية المعتادة هناك أمثلة أخرى كثيرة تذكرنا بأهمية الأرض وموادها وعملياتها الچيولوچية. وخلال الأعوام الأخيرة، حدث اهتمام متزايد بأهمية علم الأرض وأصبح كثير من الناس على دراية بأهمية علم الچيولوچيا فى حياتهم اليومية. وكثير من الناس يزورون المتاحف الچيولوچية ويدرسون الچيولوچيا سواء على المستويات الأكاديمية العادية أو المتقدمة في المدارس والكليات وكثير من الناس يستعيرون كتب الچيولوچيا من المكتبات، ربما ساعدهم ذلك على تعرف اسم معدن أو عينة صخرية وجدها فى جرف أو فى محجر، أو على جمع معلومات أكثر عن التطور. كذلك يدرس بعض الناس فى المجموعات المسائية، بل إن هناك أعدادا متزايدة من الناس تسعى لمزيد من المعرفة عن المعلومات الچيولوچية بحكم مواقع أعمالهم. كل هذه المعلومات الچيولوچية سواء أكانت معلومات عابرة بسيطة أم معلومات متخصصة متقدمة، من الممكن أن تجعل الأرض التى نعيش فوقها موضوعا خلابا للدراسة.

٣- دراسة الچيولوچيا Studying Geology

قراءة الكتب والاستماع إلى المحاضرات أو مشاهدة الأفلام لا تستطيع أن تصنع چيولوچيا، لكنها عوامل مساعدة. ولكى تصبح چيولوچيا، فمن الضرورى ومن الأساسى للطالب أن يقوم ببعض الأعمال الچيولوچية بنفسه، مثلا، أجزاء من هذا الكتاب تختص بالمعادن، هذه الأجزاء سوف تكون مهمة فقط بالنسبة للذين شاهدوا بعض المعادن الحقيقية وأمسكوها بأيديهم وأعجبوا بها، حتى لو كانت هذه المعادن من ضمن المجموعة الچيولوچية المدرسية أو تلك المعروضة فى

متحف چيولوچى - فالچيولوچيا أسـاسا هى المشاهدة وتفسير الحوادث التى أثرت ولا تزال تؤثر فى كوكبنا الذى نعيش فوقه.

إن معظم الأعمال المبكرة التى أرست دعائم علم الچيولوچيا كانت دراسات لهواة متحمسين. ومن الممكن أن يكون هناك جـدل حول أن علم الچيولوچيا يفتقد إعجاب العلوم الأخرى المرتبطة به. إننا نشاهد النبـاتات والحيوانات الحية، لكن لا أحد يستطيع أن يفكر فى أن دراسـة الصخور ومحتوياتهـا سوف تأخذ الدارس إلى أعظم مشهد فى العالم، وأنت أيها القارئ سوف تستمتع كثيرا بعلم الچيولوچيا إذا ربطت قراءاتك الچيـولوچية برحلاتك الچيولوچية فى الحـقل. والجزء الموجود فى نهاية هذا الكتـاب يقدم اقتراحا لكيـفية الذهاب إلى هذا الجزء العـملى من دراسة الچيولـوچيا. وكبداية فكل المطلوب هو شـاكوش جيولوجى وأزمـيل ونوتة للكتابة وحقيـبة تحمل على الظهـر، وزوج من العيون السليمـة وكمية كافـية من الملابس للحماية من تقلبات الجو.

قد تدل التربة ونباتاتها على نوع الصخور الموجودة أسفلها. والأبنية والحوائط المصنعة من الأحجار المحليـة قد تكون مشاهدة جيولوجية هـامة. المحاجر والجروف والحفـر والطبـقات النهـرية والضفـاف . . . كل هذه سوف تكون مـصدرا هـاما للمعلومات لو أن الظروف سمحت بدراستها عن قرب.

ولو فرض أنك وجدت قطعا صـغيرة من صخر ما، فـإنك سوف تهتز طربا لو وجدت حـفريتك الأولى (وربما تحبط لو لم تجـد الحفرية). فمن الطبـيعى أنك تريد أن تعرف كيف ومتى تكون هذا الصخـر؟ وماذا كانت الحفرية؟ ولماذا لم تكن هناك حفريات فى تلك المنطقة. كذلك فإنك حـينما ترى صخورا مطوية أو مجعدة مثل تلك المـوجودة فى غرب البـلاد (إنجلترا). وحـينما تقرأ عـن الزلزال أو حتى تعايشه، سـوف تجد نفسك تلقائيـا شغوفا بمعـرفة القوى الخفيـة التى سببتـه. مثلا الإغريق القدماء الذين وجدوا حفريات بحـرية على قمم الجبال المصرية، هذا معناه أنك تعمل على أرض كانت فيما مضى بحرا يزخر بالحياة.

كذلك حينما تخرج إلى منطقة مستنقـعات يوركشير وتجد قطعة من الشعاب المرجانية فى الحجر الجيرى هناك، فـهنا يأتى دور القراءة وأهميتها أيضا . وأنت

أيضا حينما ترتجف من البرد وتلوذ من الرياح إلى ملجأ ما، ربما ترجع بذاكرتك إلى الخلف وتتذكر هذه المنطقة حينما كانت بحرا ضحلا دافئا بينما هى فى هذه الأيام منطقة استوائية مثلا.

فى مثل هذه الظروف، فإن مثل هذا الكتاب، قد يساعدك على أن تبلور أفكارك، وتحصل على معلومات لم تكن من قبل قادرا على ملاحظتها بنفسك. وفى حين أن الچيولوچى الهاوى يمتع نفسه عشوائيا، فقد يمضى ساعتين فى محجر ما دون أية فائدة، بينما الچيولوچى المحترف أو الچيولوچى الهاوى الجاد سوف يدرس الطبقة ويفحصها بوصة بوصة، حيث يجمع الحفريات وقطع الصخور أو المعادن من مستويات مختلفة ويصنفها ويتعرف الفروق بين المجموعات المختلفة، وكذلك يتعرف حجم الحبيبات المكونة للصخور. وسوف يلاحظ بنظرة جانبية ما إذا كانت طبقة الصخر تستدق أو تصبح أكثر غلظا، وقد تدل كل هذه الملاحظات والمشاهدات أو بعضها على أن هذه المنطقة محل الدراسة كانت قرب خط الساحل أثناء زمن التكون. كذلك سوف يلاحظ وضع الصخور واتجاه الطبقات ومقدار ميلها وبمقارنة هذه المشاهدات بأوضاع صخور أخرى بالمناطق الأخرى سوف يصبح الدارس قادرا على تفسير ما حدث تحت سطح الأرض، وللدقة الأكثر، فى استنتاج ما حدث تحت سطح الأرض، فقد تُحفر آبار اختبارية وتؤخذ عينات من الصخور من أعماق قد تصل إلى مئات الأقدام، وتجلب هذه العينات إلى السطح لدراستها. وتعطى الآبار والمناجم معلومات قيمة لجيولوجيا ما تحت الصخور المنكشفة. وهناك چيولوچيون كثيرون يعملون فى شركات البترول وشركات التعدين ومصادر المياه، ومن ملاحظاتهم المستمرة ومحاولاتهم وأخطائهم، فإنه يمكن تعرُّف الظروف المناسبة لتحديد أماكن وجود البترول والغاز الطبيعى. وهكذا فإن المختص بالتنقيب يستمر فى عمله كى يتتبع الصخور ويقترح ما إذا كانت المنطقة جديرة بالتنقيب فيها أم لا. وقد يستخدم المتفجرات لإحداث صدمة موجية مثل تلك التى يحدثها الزلزال الحقيقى(انظر الفصل الحادى عشر)، وذلك حتى يرسم صورة لصخور ما تحت السطح، حيث ترتد الموجات من الطبقات المقاومة. وبعد هذا المسح الچيولوچى الأولى، لا بد أن يأتى دور الحفر والتجهيز، وهذه عمليات مكلفة وتحتاج لجهد ووقت طويل. وبعد ذلك يدرس

الجيولوچيون الحفريات الدقيقة التى استخرجت من عمليات الحفر؛ وتستخدم هذه الحفريات أيضا لتحديد جدوى استمرار عمليات الحفر.

وقد أدى التطور الحديث واستخدام المركبات الفضائية فى مسح المناطق والبلدان إلى نتائج غير عادية لم يكن بالإمكان التوصل إليها بواسطة الفحص الأرضى العادى. وباستخدام تقنيات الأشعة دون الحمراء وأنواع أخرى من الكاميرات وبالتعاون مع مركبات الفضاء أمكن فتح طرق جديدة ومجالات جديدة لتحديد وجود وأماكن الثروات المعدنية الاقتصادية المهمة.

لا يعمل الچيولوچى فى الحقل فقط، بل إنه يقضى كثيرا من الوقت فى المختبر، -حيث يدرس عيناته بدقة ويعين حجم حبيباتها ويبحث عن التغيرات الدقيقة فيها، وكذلك يجهز القطاعات الرقيقة للصخور ليشاهدها تحت المجهر.

٤- الچيولوچيا الفيزيقية Physical Geology

تختص الچيولوچيا الفيزيقية بدراسة تركيب الأرض وبنيتها والقوى التى تعمل على سطح الأرض والقوى التى فى داخلها؛ وكذلك العمليات الچيولوچية التى غيرت وتغير من سطح الأرض. ويشمل هذا القسم الكبير من علم الچيولوچيا مجموعة من الفروع مثل علم المعادن (دراسة المعادن) وعلم الصخور (دراسة الصخور) اللذين يقدمان معلومات مهمة عن تراكيب الأرض. كذلك يتضمن هذا الفرع الچيولوچيا البنائية التى تفسر تراكيب الصخور فى الأرض، والچيومورفولوچيا التى تفسر أصل المظاهر السطحية للأرض. وهناك تخصص مهم من الچيولوچيا الفيزيقية هو الچيولوچيا الاقتصادية الذى يختص بدراسة نواتج القشرة الأرضية ذات الأهمية الاقتصادية، وتطبيقاتها فى الأغراض التجارية والصناعية. ويضم هذا الفرع أيضا - على سبيل المثال - المجالات المهمة لچيولوچيا المناجم وچيولوچيا البترول (هذه الفروع من الچيولوچيا الفيزيقية سوف تناقش فى الجزء الأول من هذا الكتاب) وتساعد هذه الفروع على القيام بدراسات تفصيلية عن كل أطوار علم الأرض، حيث إن المعلومات التى يمكن الحصول عليها من هذه البحوث تعد أفضل الطرق لفهم أفضل لفيزيقا الأرض.

٥- الچيولوچيا التاريخية Historical Geology

الچيولوچيا التاريخية هي دراسة أصل وتطور الأرض، وما يسكنها من الأحياء، وهى تغطى مجالات عديدة (كما هو الحال فى الچيولوچيا الفيزيقية)، ولهذا فقد قسمت إلى فروع كثيرة، كل فرع يعد مستقلا بذاته، وقد يقضى الإنسان عمره كله لكى يتخصص فى فرع واحد من هذه الفروع.

ولإنجاز دراسة التاريخ الچيولوچى لمنطقة ما، فإن الچيولوچى يستخدم فرع الاستراتجرافيا، الذى يختص بدراسة أصل وتركيب وتتابع الطبقات ومضاهاتها، كذلك علم الحفريات (الباليتنولوچيا) الذى يعطى خلفية عن تطور الحياة على الأرض، وأيضا علم الجغرافيا القديمة الذى يعد وسيلة لدراسة الظروف الجغرافية للأزمنة الماضية، وبالتالى فمن الممكن استنتاج العلاقة بين البر والبحر فى الأزمنة القديمة وكذلك الكائنات التى كانت تسكنها فى تلك الأزمنة.

وقد تتداخل الفروع الرئيسية للچيولوچيا التاريخية بعضها مع بعض وتتشابك كثيرا، شأنها فى ذلك شأن فروع الچيولوچيا الفيزيقية - فالچيولوچى الفيزيقى (الچيوفيزيقى) يستخدم علم المعادن وعلم الصخور لكى يحدد نوع الصخور الموجودة ومصادرها، والچيولوچى التأريخى يدرس الصخور نفسها لكى يؤكد أنواع الحيوانات والنباتات التى كانت تعيش فى أثناء زمن ترسيب هذه الصخور، وكذلك البيئة التى عاشت فيها هذه الأحياء وأنواع المناخات التى سادت فيها. ويؤدى الارتباط والتعاون بين الدراسات التاريخية والفيزيقية لعلم الچيولوچيا إلى فهم أفضل فى سبيل معرفة تركيب كوكب الأرض وتاريخه.

٦- الأرض فى الفضاء The Earth in Space

اهتم الإنسان منذ زمن بعيد وقبل مولد العلوم الچيولوچية بدراسة الأرض وعلاقتها بالنجوم والكواكب وبالتأمل فيها وذلك لمحاولة معرفة أصلها. وبالرغم من أن هذه الدراسات يتضمنها علم الفلك. إلا أن الإلمام بقدر مختصر من المعلومات عن الأرض وعلاقتها بالكواكب الأخرى، سوف يساعد القارئ على فهم موقع الأرض فى الكون.

والمجرات galaxies هى المكونات الأساسية للكون، وهى تراكمات قرصية الشكل تحوى ملايين أو بلايين النجوم. ويقدر الفلكيون أن هناك عددا كبيرا

من المجرات فـى الفضاء الخـارجى، مع هذا فـالذى يعنينا هنا هى مجـرة الطريق اللبنى التى يوجـد فـيهـا كوكب الأرض، وهو الكوكـب الذى سنناقشـه فى هذا الكتـاب. وتحتـوى المجرة علـى آلاف الملايين من النجوم ، وكـل نجم منها قـد يمكننا رؤيته بالعين المجـردة. والمجرة شكلها عدسى، والشمس هى أحـد نجومها، ويبلغ قطر الشمس حوالى ٨٦٥ ألف ميل وتقع فى نصف المسـافة تقريبا بين مركز الطريق اللبنى وحافته. وتعد الشمس مركز النظام الشمسى الذى يتكون من الشمس وتسعة كواكب كلها تدور حول الشمس، وتضم المجمـوعة الشمسية نفسها الآلاف من الكويكبات السيـارة والمذنبات والشهب. والكواكب planets هى أكبر الأجسام الصلبة فى النظام الشمسى وتدور كلها فى نفس المستوى حول الشمس. والكواكب التسعـة (مرتبة تبعا لقربهـا من الشمس) هى عطارد - الزهرة- الأرض - المريخ - المشترى - زحـل - أورانوس - نبتيـون - بلوتو). ومعظم الكواكب تـرتبط بها توابع أصغر حجما تسمى الأقمار satellites or moons، وهى تدور حول الكوكب الذى تتبـعه. وقـمر الأرض هو التـابع الوحيد لهـا، ويدور حولهـا مرة كل شـهر تقريبـا. وبعض الكواكب الأخـرى مثل عطارد والزهرة ليـست لها توابع أو أقـمار معروفة، بينما المشترى، وهو أكبر الكواكب حجما يتبعه اثنا عشر قمرا.

ويوجد بين مدارى المريخ والمشترى آلاف من الأجـسام الصغـيرة التى تشبـه الكواكـب وتسـمى الـكويكبـات (asteroids (planetoids وكلهـا تدور حـول الشمس تماما كما تدور الكواكب التسعة حول الشمس.

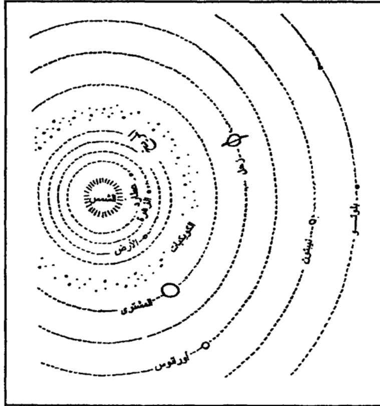
والشهـب meteors أجسام تشبـه الصخور وتسبح فى الفضاء وتـشتعل إذا ما دخلت الغلاف الجـوى للأرض، ويطلق عليها اسم قذائف النجـوم. وقد تصل إلى الأرض وتصطدم بها مكونة النيازك meteorites.

ويحتـوى النظام الشمـسى أيضا على أجـسام سمـاويـة مضيـئة ذاتيـا تسمى المذنبات comets، وهذه حينما تقترب من الشمس يمكن مشاهدتها من على سطح الأرض، ونظرا لأن المدار الذى تدور فـيه غيـر ممركز، فـإن مشاهدتهـا تكون قليلة وبصعوبة كبيرة. ويمكن حساب وقت عودة المذنبات قريبا من كوكب الأرض والتنبؤ به تماما. مثـال ذلك مذنب هالى Halley 's Comet وقد كانت آخـر زيارة له قرب كوكب الأرض عـام ١٨٣٥ وعام ١٩١٠ . وكـان من المتوقع أن يشـاهد هذا المذنب سكان كوكب الأرض عام ١٩٨٦ وفعلا تم رصده وأمكن مشاهدته عام ١٩٨٦ .

٧- شكل الأرض وأبعادها وحركاتها

Shape , Dimensions and Motions of the Earth

الأرض هى أكبر الكواكب الأربعة الموجودة فى المجموعة الشمسية الداخلية (عطارد والزهرة والأرض والمريخ)، وهى ثالث كوكب قربا من الشمس (شكل ١).



شكل (١)

الأوضاع النسبية للكواكب فى النظام الشمسى

• شكل الأرض Shape of the Earth

الأرض كرة منبعجة، وبعبارة أخرى فهى شكل الكرة تقريبا، أو كروية الشكل ما عدا التسطح البسيط عند القطبين، وهذا التسطح وما يصاحبه من انتفاخ عند خط الاستواء ينتج عن القوة الطاردة المركزية نتيجة لدوران الأرض.

• أبعاد الأرض Dimensions of the Earth

يبلغ القطر القطبى لكوكب الأرض حوالى ٧٩٠٠ ميل (١٢٦٥٠ كيلو مترا) ويبلغ طول القطر الاستوائى ٧٩٧٢ ميل (١٢٦٩٣ كيلو مترا) وذلك نتيجة

الانتفاخ عند خط الاستواء. ويبلغ محيط الأرض حوالى ٢٤٨٧٤ ميلا (٣٩٨٠٠ كيلو متر). وتبلغ المساحة السطحية للأرض ١٩٧ مليون ميل مربع (٥٠٠ مليون كيلو متر مربع)، حوالى ٥١ مليون ميل مربع منها (١٣٠مليون كيلو متر مربع) أى حوالى ٢٩ ٪ أرض يابسة، بينما الباقى ويمثل ٧١٪ فتغطيه المياه.

• حركات الأرض Earth Motions

تدور كل كواكب المجموعة الشمسية - ومن بينها الأرض - حول الشمس داخل مداراتها خلال فترة زمنية معينة، وبخلاف دوران الأرض حول الشمس،- فإن الأرض تدور حول محورها.

والمحور الذى تدور حوله الأرض هو محورها الصغير الذى يصل بين القطبين، ويكون اتجاه الحركة من الغرب إلى الشرق وتدور الأرض دورة كاملة مرة كل يوم ، وينتج عن هذه الحركة تعاقب الليل والنهار، والمحور الذى تدور حوله الأرض لا يكون عموديا على مدار الأرض حول الشمس (لأنه لو كان كذلك فلن يكون هناك تغير فى الفصول الأربعة على كوكب الأرض).

ويميل هذا المحور بزاوية قدرها ٢٣,٥° على المستوى العمودى فى أيامنا الحالية، ونقول فى أيامنا الحالية نظرا لأن زاوية الميل تتغير طالما أن محور الأرض يتذبذب للأمام وللخلف ويستغرق فى ذلك مدة زمنية حوالى ٢٦٠٠٠ سنة لإكمال ذبذبة واحدة كاملة.

• دوران الأرض Rotation of the Earth

تدور الأرض حول الشمس فى مدار إهليلجى الشكل تقريبا، وذلك مرة كل ٣٦٥,٢٥ يوما، وخلال هذه المدة (سنة شمسية) تزيد سرعة دوران الأرض على ٦٠ ألف ميل (٩٦ ألف كيلو متر) فى الساعة. وتبلغ المسافة بين الشمس والأرض حوالى ٩٣ مليون ميل (١٤٩مليون كيلو متر). وبالإضافة إلى حركات دوران الأرض وذبذبتها، فإن الأرض تتحرك مع النظام الشمسى فى الاتجاه العام نحو النجم فيجا بسرعة حوالى ٤٠٠ مليون ميل فى السنة (٦٤٠ مليون كيلو متر فى السنة).

٨- الأقسام الرئيسية للأرض Principal Divisions of the Earth

تتكون الأرض من الهواء والماء واليابسة، وتحدد هذه الأغلفة الثلاثة بدقة أكبر فتسمى الغلاف الجوى وهو غلاف غازى يحيط بالأرض؛ والغلاف المائى وهو الماء الذى يملأ المنخفضات ويغطى ثلاثة أرباع سطح الأرض تقريبا. والغلاف الصخرى وهو الجزء الصلب الذى يوجد تحت الغلافين الهوائى والمائى .

• الغلاف الهوائى Atmosphere

هو الجزء الغازى من الأرض ويمتد مئات الأميال إلى أعلى فوق مستوى سطح البحر. ويتكون من خليط من غازات النتروجين والأكسجين وثانى أكسيد الكربون وبخار الماء وغازات أخرى (انظر جدول ١).

والغلاف الجوى هو الذى يجعل الحياة ممكنة على كوكب الأرض. وبالإضافة إلى ذلك فهو يعمل كعامل عازل لحمايتها من الحرارة

جدول رقم (١) تحليل الغازات الموجودة فى الهواء الجاف النقى (لاحظ أن الأكسجين والنتروجين يمثلان ٩٩٪ من التركيب الكلى)

الغاز		النسبة بالحجم
النتروجين	Nitrogen	٧٨,٠٨٤
الأكسجين	Oxygen	٢٠,٩٤٦
الأرجون	Argon	٠,٩٣٤
ثانى أكسيد الكربون	Carbon Dioxide	٠,٠٣
النيون	Neon	,٠٠١٨١٨
الهليوم	Helium	,٠٠٠٥٢٤
الميثان	Methane	٠,٠٠٠٢
الكريبتون	Krypton	٠,٠٠٠١١٤
الهدروچين	Hydrogen	٠,٠٠٠٠٥
اكاسيد النيتروز	Nitrous Oxides	٠,٠٠٠٠٥
الزينون	Xenon	٠,٠٠٠٠٠٨٧

والأشعة فوق (فوت) البنفسجية القادمة من الشمس، كما أنه يقى الأرض من اصطدام النيازك بها. والغلاف الجوى عامل جيولوجى مهم (انظر الفصل السادس)، فهو المسئول عن عمليات التجوية التى تعمل باستمرار على سطح الأرض.

• الغلاف المائى The Hydrosphere

يشمل الغلاف المائى كل ماء المحيطات والبحيرات والأنهار على سطح الأرض، بالإضافة إلى المياه الأرضية التى توجد فى مسام وشقوق صخور القشرة الأرضية والتربة. ويوجد معظم الماء فى المحيطات التى تغطى ٧١٪ تقريبا من سطح الأرض بمتوسط عمق حوالى أربعة كيلو مترات . والمياه هى السبب الأساسى لاستمرار الحياة ووجود الإنسان، ولها أهمية جيولوجية فائقة جدا. فالأنهار الجارية والمحيطات لها دور مهم فى النحت والنقل والترسيب. ولقد كان للماء والعوامل الجوية الأخرى الأثر الفعال والقوة الكبرى التى شكلت مظاهر سطح الأرض على امتداد الأزمنة الجيولوجية. وسوف نخص الغلاف المائى بشىء من التفصيل فى الفصول القادمة من هذا الكتاب.

• الغلاف الصخرى The Lithosphere

يمثل الغلاف الصخرى الأهمية الأولى للجيولوجى. ويتكون الغلاف الصخرى للأرض من معادن وصخور تكون بدورها الكتل القارية وأحواض المحيطات (انظر الفصل التاسع).

وتتكون صخور الغلاف الصخرى من ثلاثة أقسام أساسية هى الصخور النارية والصخور الرسوبية والصخور المتحولة. والصخور النارية هى التى كانت فى الأصل صهارة بردت وتصلبت لتكون صخورا نارية مثل الجرانيت والبازلت. أما الصخور الرسوبية فتتكون من كسرٍ من صخور (سابقة الوجود) ترسبت بفعل الرياح والمياه والجليد مثل الحجر الجيرى والحجر الرملى والصخور الطينية.

وتتكون الصخور المتحولة من صخور رسوبية أو نارية أو حتى متحولة وتعرضت إلى تغيرات فيزيقية وكيميائية كبيرة، ومثال ذلك الرخام الذى كان أصلا حجرا جيريا.

ومعظم المعلومات التى عرفناها عن الغلاف الصخرى تعلمناها من خلال دراساتنا للمواد السطحية للأرض، ومع ذلك فقد جمع الچيولوچيون معلومات قيمة عن داخل الأرض نتيجة لحفر الآبار والمناجم وللدراسات السيزمية . كذلك أدت الحركات التكتونية إلى وجود صخور على سطح الأرض كانت قبل ذلك موجودة تحت السطح وعند أعماق بعيدة جداً. وقد أمدتنا دراسة هذه الصخور بمعلومات قيمة جدا عن چيولوچيا الأعماق.

ويقسم الغلاف الصخرى إلى ثلاثة نطاقات سوف نختصها بالدراسة فى الفصل الحادى عشر من هذا الكتاب.

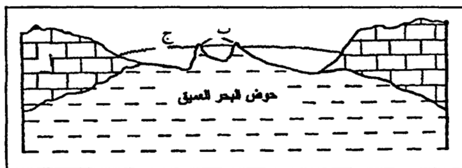
٩-المظاهر الفيزيقية الكبرى على الأرض

Major Physical Features of the Earth

مظاهر التضاريس الكبرى على الأرض هى الكتل القارية، وأحواض المحيطات. وهذه المظاهر هى التى ظلت ثابتة ظاهريا طوال الأزمنة الچيولوچية المعروفة.

• الكتل القارية The Continental Masses

القارات هى أرصفة صخرية وتغطى ٢٩٪ تقريبا من سطح الأرض، وتتكون معظمها من صخور الجرانيت ويبلغ متوسط ارتفاعها ثلاثة أميال (حوالى خمسة كيلو مترات) فوق أرضيات أحواض المحيطات المجاورة، وترتفع فى المتوسط إلى نصف ميل (حوالى كيلو متر) فوق مستوى سطح البحر (شكل ٢) .



شكل (٢)

القارات وأحواض المحيط

أ- القارات. ب - جزر بركانية. جـ مستوى البحر.

وتغمر المياه حافة الكتل القارية المواجهة للبحر، التى تسمى بالرفوف القارية. بالرغم من أن سطوح القارات تظهر غير منتظمة للإنسان، والفرق فى الارتفاع بين أعلى جبل (جبل إفرست حوالى ٢٩ ألف قدم فوق مستوى سطح البحر) وأعمق جزء فى قاع المحيط (٣٥ ألف قدم تحت مستوى سطح البحر جنوب جزيرة ماريانا) يكون غير منطقى إذا ما قورن ذلك بحجم الأرض.

• أحواض المحيطات The Ocean Basins

تشمل أحواض المحيطات الجزء الأكبر من الغلاف المائى وتغطى أكثر من ٧١٪ من سطح الأرض. وأرضيات المحيطات ليست كما كنا نعتقد مسطحة بلا مظاهر طوبوغرافية؛ ففى الواقع توجد بها أشكال طوبوغرافية غير منتظمة تماما كما هو الحال على سطح الأرض، إذ توجد أخاديد وشقوق عميقة وسلاسل جبلية تحت سطح البحر. وأعمق المحيطات هو المحيط الهادى (حوالى ٣٥ ألف قدم) وهو أكبر المحيطات الخمسة أيضا ويغطى نصف الكرة الأرضية تقريبا.

وفى أعمق أجزاء المحيطات تتكون القيعان من صخور نارية دكناء اللون ولها وزن نوعى ثقيل، وتتكون من صخور البازلت، وفى بعض الأماكن قد تعلو صخور البازلت، طبقات من الرواسب البحرية.

١٠- القوى الجيولوجية Geologic Forces

تدل الدراسات الجيولوجية لأى جزء من سطح الأرض على وجود تغيرات هائلة طرأت على سطحها . ومعظم هذه التغيرات الكثيرة استلزم تكونها مددا زمنية طويلة جدا، واستغرق بعضها ملايين السنين، وتضم هذه التغيرات الحركات الأرضية، والنشاط البركانى، وعمليات البناء والهدم.

• الهدم والبناء Gradation

تتأثر الصخور السطحية دائما بقوى الهدم والبناء، مثال ذلك الغلاف الجوى الذى يؤثر فى الصخور، ويعمل على تجويتها سواء فيزيقيا أو كيميائيا، هذا بالإضافة إلى فعل الأنهار والمحيطات. والغلاف المائى يعمل على تفتيت الصخور ونقلها من مناطق إلى مناطق أخرى حيث تترسب هناك. وعلى ذلك فالهدم والبناء يشملان عمليتين منفصلتين.

ويطلق التحات على عملية الهدم وفيها تتفتت الصخور بفعل الماء والهواء والمثالج، وهنا يدخل دور الغلاف الجوى فى عملية التعرية والسحج ، حيث يبرز أثر المثالج وفعلها، وكذلك الفعل الحتى للأنهار وأثر الرياح فى سحج الصخور.

والمقصود بعملية البناء هو الترسيب، وينتج من تراكم الرواسب حتى يتم البناء النهائى لطبقات الصخور. وعوامل الترسيب الرئيسية هى الرياح والجليد والماء.

• الحركات التكتونية أو التكتنة Tectonic Movement or Tectonism

يشمل هذا المصطلح كل حركات الأجزاء الصلبة للأرض بالنسبة لبعضها البعض وتعد الحركات التكتونية الدليل على عدم ثبات القشرة الأرضية، وينتج عن هذه الحركات الصدوع (الكسور والإزاحة) والطى والهبوط والصعود لتكاوين الصخور، وهذا ما يطلق عليه التحرف **deformation**.

والحركات التكتونية هى المسئولة عن تكوين سلاسل الجبال العظمى ومعظم تحرُفات البنيات الجيولوجية التى تقوم على سطح القشرة الأرضية، هذا بالرغم من أن الظواهر التكتونية مثل الصدوع والطيات لا ترى إلا حين تنكشف الصخور نتيجة لعمليات التعرية.

بالإضافة إلى ذلك فإن هناك حركات تكتونية شائعة تكون هى المسئولة عن أنواع معينة من عمليات تحول الصخور (انظر الفصل الخامس). وكذلك عملية حقن الصهارة التى ثبت أنها ترتبط دائما بالنشاط البركانى (انظر فيما بعد)، بما قد يؤدى إلى تحرُّف الصخور وطيها.

• البركنة Volcanism

يختص هذا المصطلح بحركة المواد الصخرية المنصهرة فى باطن الأرض أو على سطحها. والعمليات البركانية تنتج عنها اللابة والمخاريط البركانية والرماد البركانى مما تقذف بها البراكين (انظر الفصل الثالث).

الفصل الثانى

المـــعـــــادن

MINERALS

يهتم الجيولوجى أساسا بالقشرة الصخرية للأرض، لهذا فلا بد له من أن يعرف شيئا عن المعادن، التى تبنى كتل القشرة الأرضية. وبالرغم من اختلاف الجيولوجيين فى تعريفهم لمصطلح «المعدن»، إلا أن هناك اتفاقا عاما على تعريف المعادن بأنها عناصر أو مركبات كيميائية توجد فى الطبيعة فى القشرة الأرضية. وهى مواد غير عضوية (لم تشتق من مصادر حية)، وعلى هذا الأساس فإن هذا التعريف لا يتضمن الفحم أو البترول. والمعادن لها تركيب كيميائى محدد أو مدى تركيبى وكذلك لها ترتيب ذرى معين (بنية بلورية). وأيضا لها صفات فيزيقية مميزة. ويلزم التنوية إلى أن الصفات الكيميائية والفيزيقية لبعض المعادن قد تختلف، ولكن فى حدود معينة.

وتتكون الصخور من خليط أو تجمعات من المعادن، ويختلف تركيبها كثيرا، فالحجر الجيرى مثلا، يتكون أساسا من معدن واحد هو الكالسيت. أما الجرانيت فيتكون دائما من ثلاثة معادن هى الفلسبار(فى بعض الأحيان فلسبار متغيرمتنوع) والمايكا والكوارتز.

هناك معادن معينة مثل الكالسيت، والكوارتز والفلسبار توجد فى الصخور عامة ويطلق عليها المعادن المكونة للصخور. وهناك معادن أخرى مثل الذهب والألماس ومعادن اليورانيوم والفضة توجد فى الصخور ولكن بكميات قليلة نسبيا.

وتختلف المعادن فى صفاتها الفيزيقية والكيميائية اختلافا كبيرا. والآن دعنا نذكر أهم الصفات الفيزيقية والكيميائية التى تمكننا من التمييز بين معدن وآخر.

١- التركيب الكيميائى للمعادن Chemical Composition of Minerals

بالرغم من أن هذا الكتاب لا يتضمن مناقشات مستفيضة فى الكيمياء، إلا أنه يلزم التنويه عن المصطلحات الكيميائية اللازمة لتفهم التركيب الكيميائى للمعادن.

كل المواد، ومن ضمنها المعادن، تتكون من عنصر واحد أو أكثر، والعنصر مادة لا يمكن تجزئتها إلى مادة أبسط بالطرق الكيميائية العادية. ونظريا، لو أخذنا كمية من أى عنصر وقطعناها إلى أجزاء أصغر فأصغر، فإن أصغر جزء من هذه المادة سيظل يحتفظ بصفات العنصر المكون لها. وهذه الأجزاء اللامتناهية الصغر من العنصر هى الذرات، وبالرغم من أن الذرات تكون صغيرة للغاية، ولا يمكن رؤيتها بأقوى المجاهر (الميكروسكوبات)، فإننا نعلم قدرا كبيرا عنها. فمثلا نحن نعلم أن نواة الذرة تتكون من بروتونات وهى جسيمات لها شحنة كهربائية موجبة ونيوترونات أو جسيمات متعادلة كهربائيا. وتدور الإلكترونات السالبة الشحنة فى مدارات حول النواة، وبسرعة فائقة. والآن أصبح من المعلوم جيدا أن هناك بعض العناصر من الممكن أن تتحطم ذرتها «التحطيم النووى» لكن هذه لا تعد من الطرق الكيميائية العادية. وبالرغم من أن هناك ٩٢ عنصرا فى الطبيعة، إلا أن هناك عناصر أخرى أمكن تحضيرها صناعيا. وبعض المعادن مثل الذهب أو الفضة تتكون من عنصر واحد فقط.

لكن الأكثر شيوعا أن المعدن يتكون من عنصرين أو أكثر، يتحد بعضها مع بعض ليكون مركبا، مثال ذلك الكالسيت مركب كيميائى يعرف باسم كربونات الكالسيوم، والتركيب الكيميائى لأى مركب يعبر عنه بالصيغة الكيميائية ($Ca\,CO_3$ فى حالة الكالسيت)، وفيها يعبر عن كل عنصر برمز معين، وفى معظم العناصر يعبر الحرف الأول من اسم العنصر عن رمز هذا العنصر. فمثلا الحرف H للتعبير عن ذرة الهدروچين والحرف C للتعبير عن ذرة الكربون، وإذا كان هناك عنصران يبدآن بنفس الحرف فيمكن أن يكون الرمز حرفين بدلا من حرف واحد، وذلك لسهولة التمييز بينهما. مثلا ذرة من عنصر الهيليوم رمزها "He"، ذرة من الكالسيوم رمزها Ca ومن الجدير بالذكر أن بعض العناصر قد اشتقت رموزها من أسمائها اللاتينية المختصرة؛ مثلا الرمز "Cu" مشتق من اسم "Cuprum" ومعناه

باللاتينية نحاس، وهو يمثل ذرة النحاس، وكذلك الرمز "Fe" الذى يمثل ذرة الحديد ومعناه باللاتينية Ferrum أى الحديد. والترقيمات الصغيرة المستخدمة فى التعبير عن الصيغة الكيميائية تمثل النسبة التى يوجد بها كل عنصر. وعليه فإن الصيغة الكيميائية للماء H_2O تدل على أن ذرتين من الهدروچين تتحدان مع ذرة من الأكسچين ليتكون الماء. وبالرغم من وجود ٩٢ عنصرا فى الطبيعة، إلا أن ثمانية فقط هى الأكثر شيوعا وتكون أكثر من ٩٨٪ بالوزن من العناصر المكونة للقشرة الأرضية

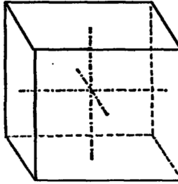
رمز العنصر		النسبة المئوية بالوزن
الأكسجين	(O)	٤٦,٦٠
السليكون	(S I)	٢٧,٧٢
الألومنيوم	(Al)	٨,١٣
الحديد	(Fe)	٥,٠٠
الكالسيوم	(Ca)	٣,٦٣
الصوديوم	(Na)	٢,٨٣
البوتاسيوم	(K)	٢,٥٩
المغنسيوم	(Mg)	٢,٠٩
المجموع		٩٨,٥٩

وكما هو واضح من الجدول السابق، فإن عنصرين فقط هما الأكسچين والسليكون يكونان تقريبا ثلاثة أرباع النسبة الوزنية للصخور، وهذان العنصران من اللافلزات، لكن الستة المتبقية من الفلزات. وتتميز الفلزات بقدرتها على التوصيل الحرارى والكهربائى، وقابليتها للطرق فى صفائح رقيقة السمك، والسحب أسلاكا. وتتميز كذلك بدرجة بريقها الذى يعبر عن درجة لمعان سطح المعدن نتيجة للضوء المنعكس منه، وبعض المعادن مثل الذهب والفضة والنحاس والحديد تعد من الفلزات. أما المعادن اللافلزية فليست لها الصفات التى ذكرت والتى تميز الفلزات. ومن أمثلة المعادن اللافلزية الكبريت والألماس والكالسيت.

٢-البلورات Crystals

عندما تتصلب المعـادن وتنمو دون إعاقة، فسوف تتكون لهـا أشكال ناعمة متماثلة وذات زوايا، وهـذه هى البلورات. والأسطح التى تحدد البلورة من الخارج هى الأوجـه. ويتوقف شكل البـلورة وكذلك قـيمـة الزوايا بين الأوجـه البلورية المتجاورة على التـرتيب الذرى الداخلى للبلورة، وهذه خاصية مهمـة للتعرف على البلورات.

• النظام البلورى Crystal System



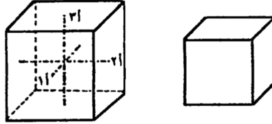
شكل (٣)
المحاور البلورية

كل معدن ينتمى إلى أحد النظم البلورية وعددها ستة نظم وقد وضعت هذه النظم على أساس عـدد المحاور البلورية وأوضـاعها وأطوالهـا النسبيـة - والمحاور البلورية خطوط وهمية تمتد عبـر مـركز البلورة (شكل ٣-٩) - مثال ذلك ، بلورة من النظام الرباعـى لهـا ثلاثة مـحاور، اثنان منهـا متسـاويان فى الطول ويسمـيان المحـوران الأفقيـان، والمحور الثالث والذى قد يكون أطول أو أقـصر من المحورين الأفقيين، ويسمى المحور الرأسى، لأن وضـعه دائما يكون رأسيا عند تولية البلورة فى وضعـها الصحيح وكل نظام بلـورى له تماثله الخاص الذى يميزه، وهذه صـفة مميزة لكـل البلورات التى تنتمى للنظام نفسـه. ويتـوقف نوع التماثـل الموجود فى البلورة على ترتيب المحاور البلورية.

ويميز علماء المعادن النظم البلورية الآتية

أ- نظام المكعبى أو متساوى الأطوال Isometric or Cubic System

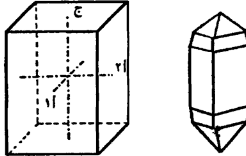
تتميز البلورات التى تنتمى لهذا النظام بأن لها ثلاثة محاور متساوية فى الطول وتتقاطع بزوايا قائمة أى أنها متعامدة.



شكل (٤)
بلورة المكعبى (هاليت)
- المحاور البلورية أ١، أ٢، أ٣

ب- نظام الرباعى Tetragonal System

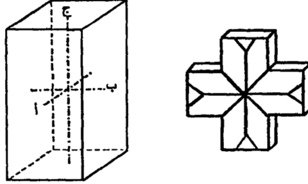
بلورات الرباعى لها ثلاثة محاور متعامدة، اثنان منها وهما الأفقيان متساويان فى الطول، لكن المحور الثالث وهو الرأسى قد يكون أطول أو أقصر من المحورين الآخرين.



شكل (٥)
بلورة الرباعى (زيركون)

جـ- نظام المعينى المتعامد Orthorhombic System

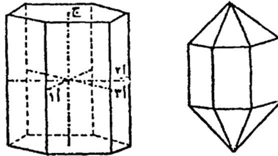
تتميز بلورات هذا النظام بأن لها ثلاثة محاور مختلفة الأطوال وتتقاطع بزوايا قائمة.



شكل (٦)
بلورة المعينى المتعامد (ستوروليت)

د- نظام السداسى Hexagonal System

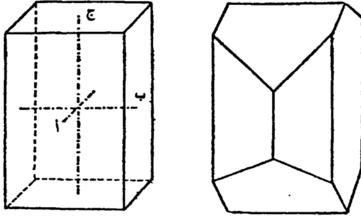
هـذا النظـام البلـورى يتـميـز بوجـود ثلاثة محـاور بلوريـة أفقيـة تتـقاطـع بزوايا ١٢٠°. يتـعامـد عليـها مـحور رأسـى، قـد يكـون أطـول أو أقـصـر من المحاور البلورية الأفقيـة الثلاثـة.



شكل (٧)
بلورة السداسى (كوارتز)

هـ - نظام الميل الواحد Monoclinic System

بلورات الميل الواحد توجد فيها ثلاثة محاور غير متساوية فى الطول، اثنان منها يتقاطعان بزوايا قائمة، والمحور الثالث مائل على مستوى المحورين الآخرين.

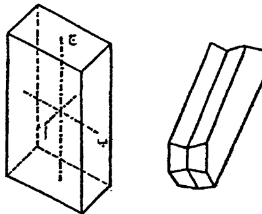


شكل (٨)

بلورة الميل الواحد (ارثوكليز)

و- نظام الميول الثلاثة Triclinic System

بلورات الميول الثلاثة تتميز بوجود ثلاثة محاور بلورية غير متساوية وكلها مائلة بعضها على بعض.



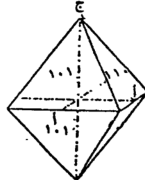
شكل (٩)

بلورة الميول الثلاثة (ألبيت)

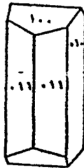
دراسة البلـورات علم خاص قائم بذاته، ولـقد ثبت من الدراسات المـتصلة بعلوم الرياضيـات إمكانية وجود ٣٢ نمطا تماثليا فى البلورات وتقع المـعادن العادية فى إحدى عشرة مـجموعة يمكن تصنيفها فى سـتة نظم بلورية، وبعض الضروب من الاثنين وثلاثين نمطا بلوريا توجد فى المركبـات المصنعة فقط (المخلقة)، أو التى تتمثل فى مركب غير موجود حتى الآن. ويلاحظ من الأشكال الموجودة أن الأوجه البلورية توجد عليها أرقام مشتـقة من دليل هو دليل ميلر (يوجد نظام آخر لتحديد دليل الوجه وضعه عالم آخر اسمه فايس).

مثـال ذلك، فى شكل رقم (١٠) الوجه واحد صـفر واحد يقطع المحور أ١ فى الجزء الموجب، ويقطع المحـورجـ فى الجـزء السالب، لكنه لا يقطع المحور أ٢. ويجب أن نلاحظ أن رموز ميلر تعـبر عن مقلوب المسافات المقطوعـة، وعليه فإن الوجه الذى يوازى مـحورا يقطعه عند ما لا نـهاية، وبالتالى فإن رمـز ميلر يكون صفرا.

مثال آخـر فى شكل (١١) يوضح نموذجا شائعا لبلورة أحـادية الميل وعليها ترقيم الأوجه الأمامية فقط، وواضح أن عـملية ترقيم الأوجه ليست سهلة، لكنها معـقدة قليلا، ولمزيد من الإحاطة بهـذا الموضوع يمكن الرجوع إلى كـتب المعادن المتخصصة.



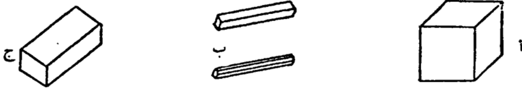
شكل (١٠)
بلورة الزيركون البسيطة
(نظام الرباعى)



شكل (١١)
الأرثوكليز
(نظام الميل الواحد)

هيئة البلورة Crystal Habit

عندما تنمو أية بلورة لمعدن ما، فإنها سوف تتخذ شكلا معينا أو هيئة تسمى «هيئة البلورة» مثال ذلك بلورة الجالينا لها هيئة مكعبية (شكل ١٢أ). وبلورة معدن التورمالين لها هيئة عمدانية (شكل ١٢ب). وبلورة معدن الباريت ذات هيئة مسطحة (شكل ١٢جـ).



شكل (١٢)

الهيئات البلورية

أ- (مكعبية) ب- (عمدانية) ج- (نضدية)

ونظرا لأن بلورات المعادن توجد فى نظم بلورية معينة، فسوف يكون لكل نظام صفات محددة، مثلا بلورات نظام المكعبى سوف يكون لها خصائص النظام نفسه فقط. ومع ذلك فعندما تتكون البلورات عند درجات حرارة مختلفة، فسوف تكون لها هيئات مختلفة داخل النظام البلورى ذاته. وعليه فإن بلورات معدن الفلوريت التى تتكون عند درجات حرارة منخفضة تكون لها هيئة مكعبية، بينما بلورات الفلوريت التى تتكون عند درجات حرارة مرتفعة يكون شكلها ثمانى الأوجه، وفى بعض الحالات قد يكون فى البلورة الواحدة لمعدن ما شكلان موجودان على البلورة نفسها.

وبالإضافة إلى درجة الحرارة، فإن عامل الضغط، وتركيز المحلول الذى تبلور منه المعدن، وكذلك الاختلاف فى تركيب المعادن، قد يؤثر فى شكل المعدن وهيئته، وكذلك يؤدى وجود الشوائب فى المعدن إلى تغير شكله وهيئته.

٣- الخواص الفيزيقية للمعادن Physical Properties of Minerals

كل معدن له صفات فيزيقية معينة يمكن بواسطتها تمييزه والتعرف عليه، ومع أن بعض المعادن يمكن التعرف عليها بالمشاهدة، إلا أن بعضها الآخر لا يمكن تعرفها إلا بعد فحصها باختبارات بسيطة.

والخواص الفيزيقية المفيدة فى التعرف على المعادن هى

أ- الصلادة	hardness
ب- اللـون	colour
جـ- المخدش (الحكاكة)	streak
د- البريق	lustre
هـ- الوزن النوعى	specific gravity
و - التشقق	cleavage
ز- المكسر	fracture
ح- الشكل أو الهيئة	shape or form
ط- التماسك	tenacity
ى- المذاق والرائحة والملمس	taste , odour and feel

وهناك صـفات فيـزيقيـة أخرى سـوف تناقش فيمـا بعد. ويجب أن يتـعلم الجيولوجى كـيف يختبر عينة من المعدن حـتى يتعرف عليها بدقة. وكـثير من هذه الاخـتبـارات لا تتطلـب أجهـزة مـعـملية غـاليـة الثـمن، ويمكن إجـراؤها فى الحقل. وبعض هذه الاختـبارات يمكن استخدامـها باستعمـال الأدوات العادية مثل السكين أو نصل من الصلب أو عملة نحـاسية أو مغنطيس صغيـر أو عدسة جيب لها قوة تكبير بين ٦ إلى ١٠ مرات، وهذه لا تكون غالية الثمن، كذلك باستخدام قطع من الزجـاج وقطعة من الصـينى غير المصـقول، بل يمكن اسـتخـدام أظافر الأصابع كأداة لإجراء بعض من هذه الاختبارات.

• الصلادة Hardness

هى إحدى أسهل الطرق للتمييز بين معدن وآخر، وتتحدد صلادة المعدن من معرفة المواد التى يخـدشها والمواد التى تخدشه، ويجرى اختـبار الصلادة فى الحقل باسـتخدام أدوات أو مـواد بسيطة، وللدقة فـيمكن اسـتخدام مـقيـاس «موهس» للصـلادة، والذى ابتكره عالم المعـادن الألمانى فردريك مـوهس فى القرن التـاسع عشر، عندما لاحظ مـوهس عند دراسته لمجموعته المعـدنية أن بعض المعادن كانت أكثر صلادة من بعضها الآخر، واعتـقد موهس أن هذه الخاصية قد تكون لها فائدة فى تعريف المعادن. ولهذا فقـد اختار عشرة معادن معروفـة لـتكـون معايير لدراسة

وتحديد صلادة بعض المعـادن الأخرى. ووضع العشرة معادن المعيـارية بحيث تبدأ بمعدن التلك وهو أقل المعادن صلادة فتكون له درجة صلادة «واحد» وأصلد المعادن هو الألماس ودرجة صـلادته «عشرة» ويتكـون مقيـاس موهس للصلادة من عـشرة معادن مرجعية ترتب طبقا للازدياد فى الصلادة على النحو التالى

١- تلك	talc	(أقلها صلادة)
٢- جبس	gypsum	
٣- كالسيت	calcite	
٤- فلوريت	fluorite	
٥- أباتيت	apatite	
٦- فلسبار	feldspar	
٧- كوارتز	quartz	
٨- توباز	topaz	
٩- كورندم	corundum	
١٠- الألماس	diamond	(أكثرها صلادة)

ومعظم المعـادن فى مقياس مـوهس معادن معـروفة ويمكن الحصول عليـها بسهولة دون أن تكون غـالية الثمن. حتى الألماس فبـالرغم من أنه غالى الثمن، إلا أنه ليس من المستـحيل الحصـول عليه. لاحظ أن المعادن مـرتبة فى مقيـاس موهس بحيث إن المعـدن سوف يخـدشه المعدن الذى له رقم أعلى فـى مقيـاس الصلادة، بينما سوف يُخدِش المعدن الذى له رقم أقل فى مقياس موهس للصلادة.

ويمكن إجراء اختبار الصلادة أيضا باستخدام الأدوات الشائعة الآتية

الأداة	الصلادة
ظافر الإصبع	حوالى ٢,٥
عملة نحاسية	حوالى ٣
الزجاج	من ٥ إلى ٥,٥
نصل السكين	من ٥,٥. إلى ٦
شريط من الصلب	من ٦,٥ إلى ٧

وكل أداة من هذه الأدوات سوف تخدش المعدن تبعـا لدرجة صلادته، مثال ذلك، ظفر اليـد سوف يخدش مـعدن التلك (صـلادته ١) وكذلك معـدن الجبس (صلادته ٢)، لكنه لن يخدش معدن الكالسـيـت حيث إن لـه درجة صلادة قدرها ٣ طبقا لمقياس مـوهس ولإجراء اختبار الصلادة، يمكن البدء بأكـثر المواد شيوعا، ولنبدأ بالظفر، فـإذا لم يخدش العينة، فلنستخـدم نصل السكيـن، فـإذا خدشـت العينة بنصل السكين فهذا معناه أن للمعـدن صـلادة تقـع بين ٥,٢و٦ .

وبالرجوع إلى مقياس موهس للصـلادة فإننا سوف نجد أن هناك ثلاثة معادن لهـا صلادة قيـاسيـة معلومـة وتقـع فى هذا المدى؛ هــذه المعـادن هـى الأباتيـت (صلادته ٥) والفلورايت (صلادته ٤) والكالسيت (صلادته ٣).

فإذا لم يخـدش الكالسيت المعدن، لكن خـدشه الفلوريت، فهـذا معناه أن صلادة المعدن تقع بيـن مدى صلادة الكالسيت والفلوريت وبالتـالى بين ٣ و٤ تبعا لمقياس موهس. بعد ذلك حـاول أن تخدش الفلوريت بالمعدن، فإذا استطعت ذلك حـتى ولو بصعـوبة، فإن صـلادة المعـدن تكون ٤ ، أما إذا لم يحـدث ذلك فـإن الصلادة تكون بين ٣ و٤ .

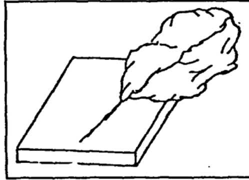
• اللون Colour

ربما يكون لون المعدن هو أول الأشياء التـى تشاهدها. ومع ذلك فإن المعدن نفسه قد يكون له ألوان عـديدة فى عيناته المختلفة. وباستثناء حـالات معدودة، فإن خاصية اللون تعد من الصفات المميزة للمعدن. وبعض المعادن لها ألوان ثابتة نسبيا، مـثال ذلك مـعدن الأزوريت الذى يكون أزرق فـى العادة، الملاكـيت الذى يكون أخضر، والبيريت الذى يكون أصفر. وهناك معادن أخرى مثل الكوارتز والتورمالين يوجد لهـا مدى واسع من الألوان، ولهذا فـإن خاصية اللون لا تعـد من الخواص المـميزة لهـذين المعدنين. ويعـزى الاختـلاف فى اللون فى هذه المعادن إلـى وجود الشوائب الكيميائية فى المعدن. وعند استـخدام خاصية اللون للتعرف على المعدن، فمن الواجب أن تـؤخذ فى الاعتـبـار عـدة عوامـل هى إذا كـانت العينة المعـدنية ستـفحص فى الضوء الـطبيعى أم الصناعى، كـذلك إذا كان السطح المراد دراسـته قشيـا أو مُجوّى، وكذلك إذا كان المعدن جافـا أم مبللا؛ كل من هذه العوامل قد تسبب اختلافا فى لون المعدن.

بالإضافة إلى ذلك، فإن بعض المعادن الفلزية تصدأ وبالتالى فإن اللون الحقيقى للمعدن سوف لا يظهر باستثناء ما يفحص من السطح القشيب للمعدن.

• **المخدش (الحكاكة) Streak**

عندما يحك المعدن على قطعة من الخزف (الصينى) غير المصقول، فإنه سوف يترك خطا أو أثرا يماثل علامة ما يتركه القلم الرصاص، وهذا الأثر هو لون المسحوق الناعم للمعدن والذى يعرف باسم الحكاكة أو المخدش. والأداة المكونة من الصينى غير المصقول والتى يحك عليها المعدن المراد دراسته تسمى لوح المخدش (الحكاكة) (شكل ١٣).



شكل (١٣)
اختبار المخدش (الحكاكة)

وقد يختلف لون المعدن عن لون حكاكته، مثال ذلك، قطعة من معدن الهماتيت الأسود لون حكاكتها بنى ضارب إلى الاحمرار. والمعادن عالية الصلادة مثل التوباز أو الكورندم، لا تترك أثرا على لوح الحكاكة، حيث إن صلادة لوح الحكاكة حوالى ٧ وهى بالطبع أقل من صلادة معدن التوباز (صلادته ٨) أو الكورندم (صلادته ٩) ولهذا فإن لوح الحكاكة هو الذى سيُخْدَشُ وليس المعدن.

• **البريق Lustre**

هو مظهر سطح المعدن فى الضوء المنعكس، ويقال لبعض المعادن مثل الفضة الحرة والذهب الحر إن لها بريقا فلزيا؛ وأنواع البريق الأخرى هى البريق اللافلزى. وأهم أنواع البريق اللافلزى وأمثلته الشائعة هى:

الأماسى بريق لامع براق مثل الألماس.

زجاجى يشبه بريق الزجاج مثل الكوارتز أو التوبار.

صمغى أو راتينجى مثل بريق الصمغ كما فى معدن سفاليريت.

شحمى مثل سطح الزيت كما فى معدن النفلين.

لؤلؤى مثل سطح اللؤلؤ كما فى التلك.

حريرى لـه مظهر الحرير أو الألياف الصناعية ومثاله الأسبستوس.

مُطفأ أو أرضى مثل الطباشير والصلصال.

وهناك البـــريق تحت الفـلزى وهو وسط بين البـــريق الفلـزى واللافلزى، وأوضح أمثلته معدن ولفراميت.

وهناك مصطلحات أخرى مثل لامع (براق فى الضوء المنعكس) ووامض (له بريـق خاطـف) وأخاذ ومُطفأ، وهذه كلها تستخدم للتعبير عن درجة البريق. وهنا لا بد أن نأخذ فى الاعتبـار عوامل الصدأ، ونوع الضوء المستخـدم، والحالة العامة لعينة المعدن التى تفحص.

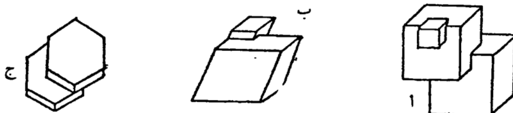
• الوزن النوعى Specific Gravity

الكثافة أو الوزن النوعى لمعدن ما هى إلا وسيلة نافعة من طرق التعرف على المعدن، ويعـين الوزن النوعى بمقارنة وزن عـينة المعدن بوزن حجم مـساوٍ من الماء النقى. وعليـه، فعينــة مـن خام الرصاص (جـالينا) (وزنها النـوعى حوالى ٧,٥) تكون ثقيلة بمقدار ٧,٥ مـرة مثل حجم مساو لها من الماء. ولتـعيين الوزن النوعى للعينـة المعـدنية، توزن العينة أولا فى الهواء بواسطة ميـزان زنبركى، ثم تدلى فى إناء به ماء نقى وتوزن مرة أخـرى. والوزن الحقيقى للعينة (وزنهـا فى الهواء) يقسم على الفرق بيـن القراءتين ليكون الناتج هو الوزن النوعى. ثم تقارن النتيجة بجدول قياسى مدون فيه الأوزان النوعية للمعادن المختلفة وذلك للتأكد من دقة النتيجة.

• التشقق والمكسر Cleavage and Fracture

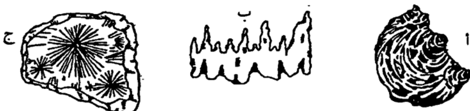
تنكسر المعادن إذا تعـرضت لإجهاد يفوق حد الـلدونة والمرونة. فإذا كانت سطوح الكســور الناتجة غيـر منتظمة يقـال إن البلورة لها مكسـر، وإذا كانت هذه الكســور على طول سطوح البلورة مـرتبطة بالبناء البلورى فـيقـال حينئـذ إن هذا تشقق. وكل مستوى تشقق فى الـبلورة يرتبط تماما بالبناء الذرى للمعدن؛ وبالتالى

فإن مستويات الضعف فى البلورة هى انعكاس للترتيب البنائى لبلورة المعدن، ونظرا لأن عدد مستويات التشقق الموجودة، وكذلك الزوايا بينها يكون دائما ثابتا، فإن خاصية التشقق تكون نافعة جدا فى التعرف على المعدن. وقد يكون للمعدن اتجاه واحد للتشقق، وقد يكون هناك اثنان أو ثلاثة أو أربعة أو ستة اتجاهات للتشقق (شكل ١٤).



شكل (١٤)
انواع التشقق
أ- (مكعبى) ب- (معينى) ج- (كامل قاعدى)

فمثلا بلورة معدن الجالينا تتشقق فى ثلاثة اتجاهات متعامدة بعضها على بعض وتتقاطع فى زوايا رأسية. ولهذا إذا طرقت بلورة الجالينا طرقا خفيفا بمطرقة فإنها تتكسر إلى مكعبات صغيرة وعديدة من معدن الجالينا. ومن ناحية أخرى، فإن بلورة الكالسيت تتشقق فى ثلاثة اتجاهات أيضا، لكن هذه الاتجاهات ليست متعامدة بعضها على بعض، ولهذا فإن بلورة الكالسيت إذا تكسّرت إلى وحدات أصغر فإن الناتج سيكون أشكالا معينية الشكل متشققة. ويقال إن للجالينا تشقق مكعبيا، أما الكالسيت فله تشقق معينى. ومعظم المعادن تتكسر أو تتشقق بطريقة محددة؛ ولهذا السبب فإن الأسطح المكسورة تكون لها فائدة فى التعرف على المعدن الذى تكسر (شكل ١٥).



شكل (١٥)
انواع المكسر
أ- (محارى) ب- (مسنن) ج- (شظوى)

وهناك أنماط عديدة لمكسر المعدن؛ وأكثرها شيوعا هى

أ- المكسر المحارى conchoidal

حيث يكون سطح المعدن المكسور مماثلا لسطح الصدفـة المقوس، وخير مثال على هذا النوع، مكسر معدن الكوارتز والأبسديان.

ب- المكسر الشظلوى أو الإبرى splintery or fibrous

ويكون شكل السطح المكســور فى المعدن مـثل الإبر أو الشظايا المتلاصـقة، ومثاله الأسبستوس والبكتوليت.

جـ- المكسر المسنن hackly

وفيه يكون السطح المكسور مسننا مثل مكسر النحاس والفضة.

د- المكسر غير المستوى uneven

ويكـون سطـح المكسر فى المعدن غـير ناعم وبه نتوءات، ويوجد هـذا النوع من المكسر فى كثيـر من المعادن، ولهذا فإن فائدة هذه الخاصيـة ذات قيمة قليلة فى التعرف على المعدن من خلالها. ومن الأمثلة المعدنية لهذا النوع الجاسبر (ضرب من الكوارتز).

هـ- المكسر المستوى even

وهو كما يدل عليه التعريف وتمثيله معدن المجنزيت.

و- المكسر الأرضى earthy

مثل معدن الكاولينيت.

• التماسك Tenacity

تماسك المعادن قد يعرف على أنه مقاومـة المعدن للتمزيق أو السحق أو الثنى أو الكسر، ويمكن التعبير عنها فى المصطلحات الآتية

أ- قصف (قصيف) brittle

ويمكن كسر المعدن وسحقه بسهولـة، وتوصف درجة قصفه بأنها عسيرة أو هشة. مثال هذا النوع الجالينا والكبريت.

ب- مـرن elastic

وفى هذا النوع يعـود المعدن إلى شكله ووضـعه الأصليـين بعد ثنيـه، مثل الميكا.

جـ- قابل للثنى flexible

وفى هذا النوع يمكن ثنى المعدن، لكنه لا يعود إلـى حالته الأولى بعد زوال القوى المسببة للثنى مثل الضغط، ومثاله التلك.

هـ- قابل للقطع sectile

حيث يمكن قطع المعدن بالسكين، مثل معدن الجبس والسيلينيت والتلك.

و- قابل للطرق malleable

فى هذا النوع يمكن طرق المعدن صفائح أو ألواحا رقيقة السمك مثل الذهب والنحاس.

ز- قابل للسحب ductile

ويمكن سـحب المعـدن على هيـئة أسـلاك، مـثال ذلك الذهـب والفضـة والنحاس.

• المذاق taste

بعض المعـادن الـقـابلة للذوبان لهـا طعم مميـز، وإنه لمن الشـائع لطالب الچيولوچيا أن يتذوق قطعة من معدن يظن أنها معدن الهاليت والمعروف باسم الملح الصخرى، لكى يتحقق من طعمها المالح. ويتميز ملح شيلى (نترات الصوديوم) بأن له مـذاقـا رطبا، بـينما مـعـدن الشب الـذى يذوب بسرعـة، فله مـذاق قـابض حلو. والملح الإنجليزى (كبريتات المغنسيوم) له طعم مر لاذع. وباقـى المعادن الأخرى لكل منها طعمها الخاص المميز.

• الرائحة odour

عندما تُحك بعـض المعادن أو تُضرب أو يُتنفس عليـها أو تسخـن تنتج منها رائحة مميزة. مـثلا لو سُخِّن معدن البيـريت أو ضُرب، فسوف تتصـاعد منه رائحة

قوية مميزة للكبريت. كذلك لو تنفسنا على معدن الكاولينيت أو المعادن الطينية عامة، فسوف تتصاعد منها رائحة طينية مميزة، ورائحة الثوم المميزة سوف تتصاعد من مركبات الزرنيخ عند تسخينها.

• الملمس Feel

قد يفيد ملمس المعدن فى التعرف عليه، فقد تكون بعض المعادن ناعمة أو شحمية والبعض الآخر قد يكون خشنا، وبعض المعادن الأخرى قد تلتصق باللسان عند لمسها به.

• صفات فيزيقية أخرى

بالإضافة إلى الصفات الفيزيقية التى ذكرت سابقا، فإن هناك صفات أخرى، قد تساعد بشكل كبير على التعرف عليها ومثال ذلك.

• عرض الألوان Play of Colours

بعض المعادن تبدى ألوانا مختلفة إذا نظر إليها من زوايا مختلفة، مثال ذلك معدن لابرادوريت.

• الكوكبية (النجمية) Asterism

تلاحظ هذه الخاصية فى المعادن التى تتجمع على هيئة نجمية وتفحص فى الضوء المنعكس أو النافذ فتبدو وكأنها مجموعات كوكبية أو نجمية ومثال ذلك معدن فلوجوبيت أو السافير النجمى.

• الشفافية Transparancey

تعزى هذه الخاصية إلى قدرة المعدن على إمرار وإنفاذ الضوء. والدرجات المختلفة للشفافية هى

أ- معتم opaque

لا يسمح بإمرار أو إنفاذ الضوء منه مثل معدن الجالينا والبيريت والمجنتيت.

ب- شبه شفاف transluscent

يسمح المعدن بإمرار الضوء خلاله، لكن لا تظهر الأجسام من خلفه بوضوح، مثال ذلك معدن الخلقدونى وضروب معينة من معدن الكوارتز.

جـ- شفـاف (مُشِف) Transparent

فى هذه الحالة يســمح المعدن بنفاذ الضوء خلاله ويمـكن رؤية الأجسام من خلف المعــدن بوضوح ومثـال ذلك معـدن الهاليت والكالـسيت ومعـدن الكوارتز المتبلور النقى.

• الانكسار المزدوج Double refraction

حينما يسقط الضوء على سطح معدن ما، فقد ينكسر شعاع الضوء شعاعين فى اتجاهين مخـتلفين وينتج عن ذلك صورة مزدوجـة (شكل ١٩). وأوضـح مثال توجد فيه هذه الظاهرة هو معدن الكالسيت.

• المغنطيسية Magnetism

يقال إن المعدن مـغنطيسى، لو كان، فى حالتـه الطبيعية، يـنجذب للحديد المـغنط واللودستـون (ضرب من مـعدن المجـنتيت)، مـثلا ومـعدن المجنتـيت، والبيروتيت واللودستون هى معادن ممغنطة طبيعيا، وتنجذب إلى الحديد المغنط.

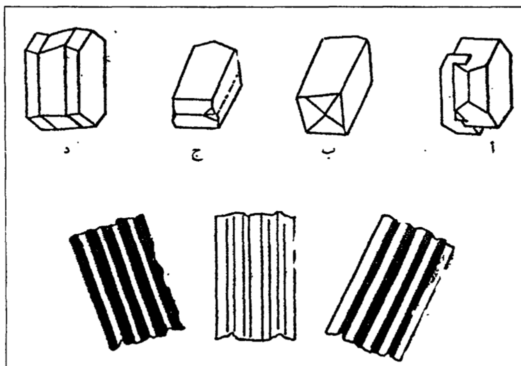
• التضـوء Luminescence

عندمـا يتـوهـج المعـدن أو يضىء ولا يكون ذلك ناتجا عــن عملية الـتوهج الحرارى، يقال عن هذا المعدن إنه متضوئ، وتحـدث هذه الظاهـرة نتيجـة لتعـرض المعـدن للأشعـة فـوق (فـوت) البنفسجيـة. وتنـتج هذه الظاهـرة أيضـا من تعرض المعـدن للأشعـة السينيـة وأشعـة الكاثود أو الإشـعاع المنبثـق من المـواد المشعـة. أما إذا تَضَوَّأَ المعـدن خلال مـدة تعرضـه للأشعة فوق البنفســجية أو أى أشعة مشابهـة فيقـال إن هذا المعــدن متفلـور (مثل معـدن شيـليت، ويلميت). أما المعـدن الذى يـدوم تضـوؤه بعـد زوال المؤثـر فيقـال عنه متفسفـر.

• التوأميـة Twinning

هناك بعض البلورات التى تتكون الواحدة منهـا من جزئين أو أكـثر تتجه فى اتجاهات مـختلفة، لكنهـا ترتبط بعضــها مع بعض عبـر مسـتوى يسمى مـستوى التوأم. وإذا كـانت البلورة تتكون من جزئين فـقط، سميت توأمـا بسيطا، ويمكن مشاهدة ذلك فى بعض أنواع الجـرانيت حيث توجد فيه بلورات مـعدن الأرثوكليز

المتوأمة. ويخضع معدن الأرثوكليز المتوأم لثلاثة قوانين فى توأمته هى«كارلسباد»، «بافينو» و «مانيباخ» (شكل ١٦). والبلاجيوكليز (نوع آخر من الفلسبار) له توأمة متكررة طبقا لقانون «ألبيت»، وهناك التوائم الاختراقية وخير مثال عليها شكل الحديد المتصالب لمعدن البيريت، حيث تلتئم (تلتحم) البلورات إلى حد ما بواسطة الأوجه المتبقية لمستوى واحد من مستويات توأمتها. وبالطبع فإن التوأمية لا تدرس إلا تحت المجهر البترولوچى.



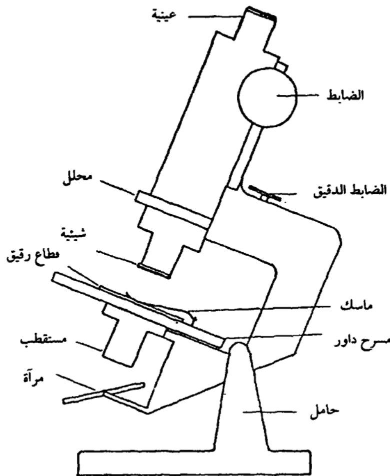
شكل (١٦)
قوانين التوام

ا- كارلسباد
ب- بافينو
ج- مانيباخ
د- البيت

٤- المجهر البترولوچى Polarizing Microscope

يحتاج دارسو الچيولوچيا إلى تعلم كيفية استخدام الميكروسكوب البترولوچى، (شكل ١٧) وهذا الجهاز يجعل الدارس قادرا على رؤية عينات المعادن تحت الضوء العادى وتحت الضوء المستقطب (يحصر تذبذب الضوء فى

مستوى معين) كما هو الحال فى النظارات الشمسية المستقطبة وكذلك بين المرشحين المستقطبين. إن استخدام أنواع مختلفة من الإضاءة يجعل الطالب قادرا على تحديد المعادن الموجودة فى الصخر بدقة. وبالمناسبة فإن قطعة من الصخر التى تبدو كئيبة وغير ملفتة للنظر لو قطعت إلى شرائح رقيقة ونُظِر إليها فى الضوء المستقطب تحت الميكروسكوب، فإنها ستبدو غاية فى الجمال.



شكل (١٧)

المجهر البترولوجى

٥- المعادن عديمة التبلور Amorphous Minerals

معظم المعادن توجد فى صورة متبلورة، إلا أن بعضها يفتقد الحالة البلورية، وهذه يطلق عليها اسم مواد لا متبلورة، ومعظم المواد اللامتبلورة مواد صلبة،

ومواد زجاجية، مثال ذلك الأوبال وقد يطلق على هذه الفئة أحيانا اسم أشباه المعادن.

٦- المعادن المكونة للصخور Rock Forming Minerals

يوجد حوالى ٢٠٠٠ معدن تقريبا فى القشرة الأرضية، من بينها عدد قليل يشكل أكثر المعادن شيوعا، وهذه تكون الجزء الأكبر من أكثر الصخور المنتشرة وتسمى المعادن المكونة للصخور. معظم هذه المعادن من السليكات؛ وهى مركبات تنتج من ارتباط السليكون والأكسجين. وبعض أنواع المعادن المكونة للصخور مذكورة بالصفحات القادمة، ويوجد فى آخر الكتاب فى الملحق أ قائمة بصفاتها الفيزيقية المهمة.

أ- الفلسبارات feldspars

تشكل معادن الفلسبارات أهم مجموعة فى تكوين الصخور، وهى مجموعة واسعة الانتشار، حتى أنها تكَون حوالى ٦٠٪ من المعادن المكونة لصخور القشرة الأرضية. وتوجد الفلسبارات فى جميع أنواع الصخور النارية تقريبا، وتوجد كذلك فى الصخور الرسوبية والمتحولة (الأنواع المختلفة للصخور مشروحة فى الفصول: الثالث والرابع والخامس من هذا الكتاب).

ومن الناحية الكيميائية فمعادن الفلسبار هى سليكات للألومنيوم مع عنصر أو عنصرين آخرين قد يكون البوتاسيوم، الصوديوم، الكالسيوم أو فى النادر الباريوم. والمعدنان الأساسيان فى مجموعة معادن الفلسبارات هما الأرثوكليز والبلاجيوكليز.

• الأرثوكليز orthoclase

معدن من معادن الفلسبارات البوتاسية الشائعة، ويمكن التمييز بينه وبين البلاجيوكليز بعدم وجود البنية الشريطية. ومعدن الميكروكلين معدن آخر تركيبه سلكيات الألومنيوم والبوتاسيوم وتركيبه الكيميائى ($K Al Si_3 O_8$) مثل الأرثوكليز. ومع ذلك فإن كلا منهما يتبلور فى نظام بلورى مختلف، ويختلف كل منهما عن الآخر فى صفات فيزيقية عديدة. وغالبا ما يكون للأرثوكليز توأم

بسيط، طبقا لقانون من ثلاثة قوانين توأمية هى كارلسباد - بافينو - مانيباخ. ويوجد معدن الأرثوكليز فى بلورات كبيرة الحجم فى صخر الجرانيت.

- **البلاجيوكليز plagioclase**

يعرف أيضا باسم البلاجيوكليز الصودى، ويوجد فى كثير من الصخور النارية وفى بعض الصخور المتحولة. ويظهر البلاجيوكليز فى ألوان لها مدى لونى واسع من الأبيض إلى الأصفر إلى اللون الرمادى المائل إلى الاحمرار إلى اللون الأسود. ويوجد ضربان من معادن البلاجيوكليز هما «ألبيت حجر القمر ولابرادوريت» ويتميزان بوميض داخلى لونه أبيض إلى زرقة (عرض الألوان)، وتسمى هذه الخاصية باسم الأوبالية.

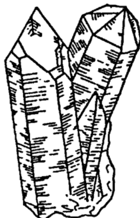
وللفلسبارات قيمة تجارية معتبرة، فيستخدم الأرثوكليز فى صناعة الصينى والخزف ومساحيق الصقل. كذلك تستخدم الفلسبارات فى صناعة الأصباغ والطلاء بالمينا والزجاج. وتستخدم فلسبارات البلاجيوكليز فى الصناعة بدرجة أقل من الفلسبارالبوتاسى، لكن بعضها يستخدم فى صناعة الحراريات (السيراميك).

ب- الكوارتز quartz

يعد معدن الكوارتز من أكثر المعادن انتشارا فى القشرة الأرضية. ويشكل المعدن جزءا مهما من تركيب الصخور النارية، كما أنه معدن شائع فى كثير من الصخور الرسوبية والمتحولة. وقد يوجد الكوارتز مرتبطا مع بعض المعادن الأخرى التى تكون الصخور، لكنه قد يكون المكون الرئيسى الوحيد فى تكوين بعض الصخور مثل الحجر الرملى النقى والكوارتزيت.

ويتكون الكوارتز النقى من السليكا (SiO_2) أساسا، وهى الأكسيد الوحيد للسليكون، لكن بعض ضروب الكوارتز تحتوى على شوائب مثل الحديد والمنجنيز. وهذه الشوائب هى المسببة لتلون الكوارتز بألوان مختلفة فى ضروبه العديدة. ويوجد معدن الكوارتز متبلورا على هيئة تجمعات بلورية أو على هيئة حبيبات أو كتل غيرمنتظمة. ويستخدم المصطلح «مستتر(خفى) التبلور» للتعبير عن ضروب معدن الكوارتز التى تكون فيها البلورات دقيقة جدا ولم تتحدد بعد.

ويتبلور معدن الكوارتز فى نظام السداسى، وعادة يكون لبلورته ستة أوجه، وتنتهى البلّورة بأهرامات طرفية (شكل ١٨).



شكل (١٨)
بلورات كوارتز كاملة لها نهايات هرمية الشكل

وبعض أشهر أنواع معدن الكوارتز هى الجمشت، الكوارتز اللبنى، الكوارتز الوردى، البلُّور الصخرى، وكذلك الكوارتز المدخن. وضروب الكوارتز الكتلى الذى لا توجد به أشكال بلورية. والكوارتز الخفى التبلور تشمل العقيق والخلقدونى والظران (التشرت) والصوان والجاسبر. ويوجد الكوارتز فى كل الصخور تقريبا ومعظم أنواع الرمال تتكون أساسا من كُسارة الكوارتز. وتستخدم بلورات الكوارتز فى صناعة بعض الأجهزة الإلكترونية الخاصة مثل مذبذبات الراديو. وهناك ضروب أخرى من معدن الكوارتز تستخدم فى صناعة الزجاج الذى تصنع منه العدسات والمنشورات الزجاجية. وهناك أنواع أخرى من معدن الكوارتز تعد من الأحجار شبه الكريمة. وفى بعض الحالات يكون ضربا معينا مشهورا بإقليم معين، مثلا ضرب الكوارتز المصبوغ بالمنجنيز، والذى تقوم عليه صناعة خاصة فى جزيرة شانيل. ويستخدم الحجر الرملى فى أغراض البناء بينما تستخدم رمال الكوارتز فى صناعة الصنفرة (مواد السحج) وفى عمل الخرسانة والزجاج.

جـ- الميكا Mica

تتميز مجموعة معادن الميكا بوجود التشقق الكامل القاعدى (ويسمى تشقق ميكائى). وتتميز الميكا بسهولة التعرف عليها، حيث إنها توجد فى هيئة أوراق رقيقة لامعة مرنة.

والميكا، مثل الفلسبارات، هى سليكات للألومنيوم، وتتميز بأن لها صيغة كيميائية معقدة. وليس للميكا غير ضربين اثنين هما الأكثر أهمية، أحدهما المسكوفيت والآخر البيوتيت؛ ويعدان من المعادن المهمة المكونة للصخور. ومع ذلك فإن الفلوجوبيت واللبيدوليت يعدان أيضا من معادن الميكا الشائعة نسبيا.

• **المسكوفيت Muscovite**

يعرف المعدن باسم الميكا البيضاء أو الميكا البوتاسية وهى شفافة عادة وتوجد على هيئة بلورات رقيقة مسطحة مرنة وهى مكون شائع لبعض أنواع صخور الجرانيت والبجماتيت (انظر الفصل الثالث)، وتوجد أيضا فى بعض أنواع الصخور المتحولة والرسوبية.

وتعد الهند وروسيا (إذ ترجع التسمية "مسكوفيت" إلى اسم مدينة موسكو) وأمريكا أكبر البلاد المنتجة للمسكوفيت. ويمكن رؤية بلورات المسكوفيت اللامعة الصفائحية فى الصخور الجرانيتية عالية الحموضة كما فى مقاطعتى ديفون وكورنوال ببريطانيا.

وتستخدم الميكا مسكوفيت فى صناعة الأجهزة الكهربائية والملابس والأشرطة العازلة ودروع المصابيح الكهربائية لحمايتها، والمشحمات، وصناعة الألوان، وكذلك فى صناعة أشجار عيد الميلاد المستخدمة كزينة فى المناسبة الخاصة بها.

• **البيوتيت (الميكا السوداء) Biotite**

معدن شائع جدا ويوجد مخالطا للمسكوفيت. وتوجد فى أنواع متعددة من الصخور النارية والمتحولة على هيئة صفائح رقيقة أو ألواح سوداء لامعة. ومعدن البيوتيت لونه بنى أدكن يميل إلى اللون الأسود، وفى بعض الأحيان يكون ذا لون أخضر، وهو مكون من سليكات معقدة التركيب للألومنيوم والكالسيوم والمغنسيوم والحديد. وباستثناء اللون الأسود، فإن الصفات الفيزيقية للبيوتيت تماثل تماما الصفات الفيزيقية للمسكوفيت. وعلى العكس من المسكوفيت، فإن معدن البيوتيت له قيمة تجارية محدودة للغاية. وقد كان البيوتيت هو المعدن الذى رآه أول رواد فضاء هبطوا على سطح القمر. واعتقدوا أنهم تعرفوا عليه حينما نظروا إلى أول صخر قمرى شاهدوه.

د- البيروكسينات Pyroxenes

تتكون مجموعة البيروكسينات من سليكات معقدة، وهى من أكثر مجموعات المعادن المكونة للصخور شيوعا. وأكثر معادن البيروكسينات انتشارا هو معدن الأوجيت، وهو مكون معروف وشائع للكثير من الصخور النارية الدكناء اللون. وتوجد البيروكسينات أيضا فى أنواع معينة من الصخور المتحولة.

• **الجاديت Jadeite**

يوجد فى نيوزيلندا وفى أماكن أخرى وهو أحد اثنين من ضروب معدن "الجاد" وهو حجر كريم.

هـ- الأمفيبولات Amphiboles

مجموعة معادن الأمفيبولات من المعادن الشائعة المكونة للصخور وهى شديدة القرابة لمجموعة معادن البيروكسينات، نظرا لتشابههما الكبير لدرجة أنه يسهل الخلط بينهما. ومن ناحية التركيب الكيميائى فمعادن الأمفيبول تتركب من سلكيات معقدة تحتوى على المغنسيوم والكالسيوم والحديد.

• **الهورنبلند Hornblende**

أكثر معادن الأمفيبول شيوعا ويوجد مكونا أساسيا فى الصخور النارية والمتحولة.

• **الأكتينوليت والتريموليت Actinolite and Tremolite**

معدنان مهمان من معادن الأمفيبول، وبعض علماء المعادن يصنفونهما على أنهما معدنان مستقلان متباينان، وعلماء آخرون يعتبرون أنهما معدن واحد ويسمونه سلسلة التريموليت - الأكتينوليت.

ويوجد المعدنان على هيئة بلورات طويلة منشورية وشكلها مثل نصل السكين، أو بلورات إبرية لها هيئة معدن الأسبستوس. ويستخدم التريموليت الإبرى بدلا من الأسبستوس فى عمليات العزل الحرارى ومقاومة الحريق. ويجب ألا يحدث لبس بين الأسبستوس - تريموليت وبين السربنتين أو الكريزوتيل - أسبستوس والمعدن الأخير هو الأكثر استخداما فى الصناعة.

الهيئة الأخرى من «الجاد» هى النفريت، وهو من معادن مجموعة الأمفيبول. ويوجد أيضا «عين النمر» الذى يستخدم فى الزينة. وهناك ضرب آخر من الأمفيبول هو الريبيكيت ويوجد فى جنوب أفريقيا.

و- الكالسيت Calcite

يتركب معدن الكالسيت من كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$)، وهو أكثر أفراد مجموعة الكالسيت شيوعا، ويوجد فى كثير من الصخور الرسوبية والمتحولة، وهو المكون الأولى لمعظم الأحجار الجيرية (انظر الفصل الرابع). ويوجد الكالسيت فى الصورة المتبلورة والحبيبية أو الكتل الطباشيرية، وكذلك فى هيئة عروق معدنية، وفى الكهوف وفى رواسب الينابيع، وأيضا فى أصداف حيوانات معينة(الشعاب المرجانية والقواقع والمحاريات).

والكالسيت يحدث فورانا مع حمض الهدروكلوريك المخفف البارد؛ وهذا اختبار مفيد للتعرف على معدن الكالسيت وبعض المعادن الأخرى. وبعض أشكال الكالسيت تكون (متفلورة)، بينما البعض الآخر يكون شفافا رائقا. وبلورات معدن الكالسيت لها خاصية الانكسار المزدوج، حيث يظهر أى جسم خلال البلورة كما لو كان جسمين (انظر شكل ١٩) وأكثر ضروب الكالسيت شيوعا هو الأيسلندسبار، وأسبار أسنان الكلب والطباشير والترافرتين (بما فيه التوفا الجيرية والصواعد والهوابط التى تتكون فى الكهوف). والكالسيت هو المكون الرئيسى للأحجار الجيرية والرخام، ويستخدم فى صناعة الأسمنت والجير والمصيص وكمادة مصهرة فى عمليات صهر خامات الحديد. كذلك يستخدم أحجارا للبناء والزينة، وأيضا فى صناعة الزجاج والألوان والمخصبات. وهناك ضروب شفافة من معدن الكالسيت تستخدم فى صناعة الأجهزة البصرية وبخاصة فى المنشورات المستقطبة للضوء.



شكل (١٩)
بلورة كالسيت معينية لها خاصية الانكسار المزدوج

ز-الدولوميت Dolomite

مـركب من كربونات الكالسـيـوم وكربونات المغنسـيـوم $CaCO_3 . MgCO_3$ ويشيع الدولوميت فى الصـخور الرسوبية، حيث يوجد مخـتلطا بالكالسيت عادة. وقد يوجد متحدا مع كثير من الخامات المعدنية والعروق المعدنية وفى فجوات بعض الصخـور النارية. ويختلف الدولومـيت عـن الكالسيـــت فـى أنه أكثـر صـلادة منه (صلادته ٣,٥)، كذلك فإن درجة تأثره بالأحماض المخففة الباردة تكون متوسطة، وقـد تكون لبلوراته أوجـه بـلورية ذات أسطح منحنيـة. وأكـثـر اسـتـعـمـالات الدولومـيـت تكـون فـى أغـراض البناء (معظم الرخـام يتكون من الدولومـيت)، ويستعمل كذلك فى صناعة الأسمنت كمصدر للمغنسيوم.

وسمى الدولوميت نسبة إلى عالم الچيولوچيا والمعادن الفرنسى الشهير جوى دولومـيو (١٧٥٠ - ١٨٠١). وهناك طـبقـة من الحجـر الجـيرى المغنـيسى غنيـة بالدولوميت تمتد من نوتنجهام حتى ساحل دورهام بإنجلترا.

ح-الفلوريت Fluorite

يتكون الفلوريت من فلوريد الكالسـيوم ($Ca F_2$)، ويوجد فى ضـروب مخـتلفـة الألـوان تتـدرج من الشفـاف حتى الأسـود الحالك. وهو مـعدن شـائع الوجـود. وفى بريطانيا، يستخـرج الفلوريت بكميـات اقتصاديـة فى منطقة ويرديـل (دورهام) وفى منطقة كاسلتون (ديربى شايـر). وأكبر الدول المنتجة للفلوريت هى أمريكا، ويستخـدم الفلـوريـت فـى صناعـة الطلاء والزجاج وفى صناعـة حمض الهدروفلوريك. ويوجد ضرب من الفـلوريت لونه أزرق قرمزى يعرف باسم «أزرق - جون» ويوجد فقط فى منطقة كاسلتون، وتصنع منه المجوهرات وأوانى الزهور.

ط-الأراجونيت Aragonite

الأراجونيت مـثل الكالسيت، يتكـون من كربونات الكالسـيوم ($CaCO_3$)، لكنه يخـتلف عن الكالسـيت فى كونه أقـل ثباتا وفى أنه يتـبلور فى نظام المعـينى القائم. ويوجـد الأراجـونيت معـدنا ثانويا فى فراغات الحـجر الجيـرى؛ وكراسب حول الينابيع الحارة؛ كما يوجد فى رواسب الكهوف وفى أصداف بعض الحيوانات

مثل المحاريات والشعاب المرجانية. ومع أن الأراجونيت لا يوجد بوفرة مثل الكالسيت، إلا أنه يستخدم فى الأغراض نفسها.

ى-الجبس Gypsum

المعدن الشائع جدا والمعروف باسم «الجبس» يتكون من كبريتات الكالسيوم المائية($Ca\ SO_4\ .2H_2O$)، وينتج عن عملية التبخر. ويوجد الجبس على هيئة رواسب سميكة فى منطقة مدلاند الإنجليزية، ومن أكثر ضروب معدن الجبس شيوعا السيلينيت Selenite والستانسبار Stain Spar والألبستر Alabaster وصخر الجبس.

ومعدن الجبس له أهمية اقتصادية عظيمة، ويستخدم بكثرة فى صناعة المصيص وتغطية الجدران الداخلية، وفى صناعة المخصبات الزراعية وكذلك فى صناعة الأسمنت البورتلندى والأصباغ والزجاج والحراريات (السيراميك) وكذلك فى صناعة الطباشير. وتعزى جودة صناعة مشروب البيرة فى منطقة بورتون - أُنْ - ترنت إلى احتواء الماء المستخدم على نسبة من معدن الجبس - ويستخدم ضرب الألبستر فى صناعة التماثيل كما يستخدم حجرا للزينة.

ك-الأنهيدريت Anhydrite

مع أن معدن الأنهيدريت يماثل الجبس من الناحية الكيميائية، إلا أن الأنهيدريت ($Ca\ SO_4$) أكثر صلابة وأثقل وزنا نوعيا ويتبلور فى نظام المعينى القائم (بينما يتبلور الجبس فى نظام أحادى الميل). وعند تسخين الأنهيدريت تظهر ألوان متفلورة من الأصفر إلى الأخضر أو الأزرق إلى الأبيض.

ويوجد الأنهيدريت فى صخور القمة لبعض قباب الملح، كما يوجد فى طبقات واسعة الانتشار فى منطقة "بلنجهام" فى "دورهام" بإنجلترا حيث يتم استخراجه كمادة خام للصناعات الكيميائية. ويستخدم أيضا فى صناعة الأسمنت والمخصبات وبدرجة أقل حجرا للزينة.

ل-الهاليت Halite

يسمى عادة «الملح الصخرى» وتركيبه الكيميائى كلوريد الصوديوم (Na Cl). وتتكون كميات كبيرة من الهاليت نتيجة لعمليات البخر فى البحار

الداخلية لما قبل التاريخ. وخلال فترة البخر، فإن طبقات من معادن مختلفة تترسب طبقا للتتابع التالى يتكون الكالسيت والدولوميت أولا، ثم يليهما الجبس والأنهيدريت، ثم الملح الصخرى. ويلى ذلك الأملاح الأكثر ذوبانا فى الماء. ولوحظ هذا التتابع فى رواسب ستراسفورت فى ألمانيا حيث تكرر مرات عديدة نتيجة للاختلاف فى مناخ وظروف ما قبل التاريخ. ولهذا فتوجد اليوم مجموعة من المعادن المهمة جدا فى هيئة طبقات كتلية.

ويوجد منجم واحد للملح، فى منطقة «شيشاير» بإنجلترا (لإنتاج الملح الصخرى الذى يستخدم لمعالجة الجليد المتكون على الطرق)، لكن الأكثر شيوعا للحصول على الملح العادى هو ضخ الماء فى طبقات الملح التى تذوب مكونة ماء ملحيا، يترك ليتبخر بعد ذلك، حيث يحصل منه على الملح.

تعد بريطانيا والهند من بين ست دول فى العالم تنتج أكثر من مليون طن من الملح سنويا. وإلى جانب الاستخدامات المنزلية للملح، فإنه حيوى للصناعات الكيمائية، كصناعة الزجاج والصابون والصناعات الفلزية. وزيادة على ذلك، فإن الكلور الذى يحصل عليه من الملح يستخدم لتنقية الماء وكعامل للتبييض (القصر).

ويختلف الملح عن باقى الصخور فى أنه حينما يتعرض للضغط لا يتشقق أو ينثنى (ينطوى)؛ لكنه ينساب. وتوجد مثالج الملح فى إيران، والقباب الملحية التى تكونت نتيجة لانبثاق الملح فى مناطق الضعف من القشرة الأرضية، تؤدى إلى ظروف مثالية لتكوين البترول، وهذه الظاهرة ترى بوضوح فى المناطق الساحلية فى تكساس ولويزيانا بالولايات المتحدة الأمريكية.

م- الكاولين Kaolin

ربما يُعرَف أكثر باسم الصلصال الصينى، والكاولينيت معدن أبيض ناعم قد يكون شحميا، ويتكون نتيجة لتحلل الصخور المحتوية على الفلسبار. ويتكون الكاولين أساسا من سليكات الألومنيوم المائية المعروفة باسم كاولينيت ($Al_2O_3 . 2Si O_2 . 2H_2O$). وحينما يبلل الكاولينيت يصبح لدنا وقابلا للتشكيل

فى أيدى الخزاف. كذلك فله خاصية غيرعادية وهى الالتصاق باللسان. وعندما يتنفس الإنسان على سطح معدن الكاولين، تظهر رائحة ترابية مثل رائحة الصلصال.

وربما تكون رواسب «كورنيش» الكاولينية بإنجلترا، قد تكونت من صخور جرانيتية نتيجة لفعل الهواء على الفلسبار (عمليات بنيوماتوليتية). وبالرغم من كون الكاولين معدنا للألومنيوم، إلا أنه لا توجد بعد طريقة اقتصادية لاستخلاص الألومنيوم منه. والاستخدام الأساسى للكاولين فى صناعة الخزفيات (السيراميك)، ويستخدم كذلك فى صناعة الألوان والورق والمطاط.

ن- السربنتين Serpentine

السربنتينات هى مجموعة معقدة من سلكيات المغنسيوم المائية، صيغتها العامة ($3MgO . 2Si_2O_2 . 2H_2O$). وتوجد عادة فى كتل مندمجة ذات ملمس شحمى أو صابونى والشكل العام من السربنتين له لون أخضر إلى أسود، مبرقش ومتعرق بألوان أخرى بيضاء أو غيرها ومن ثم اشتق الاسم أما «الفرد أنتيكو» أو «رخام السربنتين» فهو معرق به معادن بيضاء مثل الكالسيت والدولوميت. ونظرا لانه قابل جدا للصقل والتلميع فإن هذا الصخر يستخدم كثيرا فى أغراض التكسية وأعمال الزخرفة.

وهناك صناعة نشأت حول منطقة لزارد فى كورنوول بإنجلترا لتمد السياح بمجوهرات ليست غالية الثمن وأيضا بمجوهرات الثياب، وذلك باستغلال ضروب السربنتين المختلفة فى هذه الصناعات.

س- الكريزوتيل Chrysotile

ضرب من السربنتين وهو المعدن الأساسى للأسبستوس.

ع- الكلوريت Chlorite

تتكون مجموعة الكلوريت من سليكات معقدة للألومنيوم والمغنسيوم والحديد مرتبطة مع الماء. هذه المعادن تكون خضراء غالبا وتشبه الميكا وتوجد عادة فى كتل حرشوفية أو متورقة، وقد توجد على هيئة بلورات نضدية أو سداسية الشكل. ومجموعة الكلوريت مكون أساسى فى كثير من الصخور النارية والمتحولة

٧- المعادن الفلزية أو معادن الخامات Metallic or Ore Minerals

تعد الفلزات من أكثر المنتجات القيمة التى عرفها الإنسان، وهذا هو سبب اهتمام الجيولوچيين الكبير بالمعادن الفلزية ومعادن الخامات. وتوجد المعادن الفلزية فى رواسب الخامات والكتل الصخرية، والتى يمكن الحصول منها على الفلزات بكميات تجارية.

وعادة توجد مع خامات المعادن القيمة مجموعة من المعادن الأقل قيمة وتسمى المعادن الغثة، ولابد أن يفصل المعدن الغث عن المعادن الأكثر قيمة.

وفيما يلى وصف لبعض الفلزات المعروفة

(أ) الألومنيوم Aluminium

أحد أهم الفلزات فى الصناعة، ويستخلص أساسا من البوكسيت bauxite، وهو خليط من شكلين من أكاسيد الألومنيوم «دياسبور» diaspore ($Al_2O_3 . H_2O$) و«جبسيت» gibbsite ($Al_2O_3 . 3H_2O$). ويوجد البوكسيت فى هيئة كتل ترابية تشبه الصلصال، أو فى أشكال بازلائية (شكل حبات البازلاء) على هيئة درنات مستديرة فى وسط صلصالى.

ونظرا لأنه فلز خفيف ويقاوم عمليات التآكل وقوى نسبيا، فإنه يستخدم فى كل أنواع الصناعات تقريبا، من صناعة هياكل الطائرات إلى صناعة الأدوات المنزلية وأدوات الزينة. وهو موصل جيد للحرارة والكهرباء، ولهذا فهو يستخدم بديلا عن النحاس الأغلى ثمنا فى الصناعة المتصلة بهذه الأغراض. ومع أن الألومنيوم هو أكثر الفلزات شيوعا، إذ يكون ٨٪ من القشرة الأرضية، إلا أنه لا يوجد فى الشكل المناسب لاستغلاله، وكما ذكرنا سابقا أن الكاولين هو المصدر المحتمل للالومنيوم فإن طفلة - الشب فى منطقة وايتباى Whitby فى يوركشير بإنجلترا، قد أنتجت الألومنيوم لكن بكميات قليلة اقتصاديا، والدليل على ذلك محاجره المهجورة هناك.

(ب) النحاس Copper

أضاف النحاس الكثير إلى تنمية الحضارة. ويوجد النحاس أساسا فى الصخور النارية أو فى عروق الخامات، وينتشر فى أماكن كثيرة من العالم.

وبالرغم من وجود معادن مختلفة للنحاس (وصف منها حوالى ١٦٥ ضربا)، إلا أننا سوف نشرح فقط أكثرها أهمية من الناحية الاقتصادية

• **النحاس الحر Native Copper (Cu)**

يوجد النحاس الحر على هيئة كتل غير منتظمة أو صفائح فى أنحاء مختلفة من العالم. والكالكوبيريت $CuFeS_2$ المعروف باسم بيريت النحاس، واسع الانتشار فى كثير من الصخور، وهو الخام الرئيسى للنحاس. ويوجد على هيئة كتلية فى أشكال صفراء نحاسية تماما، ويوجد فى مناطق من بينها كورن وول Cornwall بإنجلترا. ويوجد فى أستراليا أيضا. ويختلف الكالكوبيريت عن البيريت (كبريتيد الحديد) فى لونه الأكثر دكانة، وفى أنه أكثر ملاسة، وفى كونه قصيف جدا، وهذه الصفة تستخدم للتمييز بينه وبين الذهب الذى يكون غالبا قابلا للطرق. ومع ذلك ففى بعض المناطق، قد يحمل الكالكوبيريت الذهب والفضة معه.

• **الكالكوسيت Chalcocite Cu_2S**

يوجد الكالكوسيت متناثرا عادة فى الصخر المضيف، ولهذا السبب يطلق عليه اسم نحاس فيرفيرى، ويوجد أيضا على هيئة رواسب العروق، ومهما يكن الخام منخفض الرتبة، لكنه يستخلص اقتصاديا وبسهولة. ويوجد الكالكوسيت بكميات تجارية فى أميركا وغيرها.

• **الأزوريت Azurite**

يعرف الأزوريت ($2CuO_3 . Cu (OH)_2$) أيضا باسم تشيسيليت chyssylite، ويتميز بلونه الأزرق اللازوردى وبميله للفوران فى الأحماض. وتوجد كربونات النحاس عادة فى هيئة كتل ناعمة أو غير منتظمة، وتوجد عادة مع المالاكيت (انظر فيما بعد). وقد تنمو على هيئة بلورات نضدية، ذات لون أزرق عميق (أدكن) تتبلور فى نظام أحادى الميل، وتستعمل - مثل المالاكيت - حجرا للزينة وأيضا مصدرا هاما للنحاس. وتوجد فى منطقة ردروث فى كورن وول. ويرجع تسميتها تشيسيليت نسبة إلى منطقة توجد فى فرنسا.

• الملاكيت $CuCO_3 . Cu(OH)_2$

بالرغم من أن معدن الملاكيت له نفس التركيب الكيميائى لمعدن أزوريت، لكنه يميز عنه بلونه الأخضر الزاهى وبلون حكاكته الأخضر الفاتح (النالل). والملاكيت أكثر شيوعا من الأزوريت ويوجد عادة فى عروق معدنية فى الحجر الجيرى، وهو خام آخر مهم للنحاس، واستخدم لمدى محدود فى لناعة أدوات المائدة وأوانى الزهور وأعمال الزينة الأخرى. ومثل الأزوريت، يوجد الملاكيت فى منطقة «ردروث» فى كورنوول بإنجلترا، لكن أكبر راسب له يوجد فى سيبيريا، وأستراليا (منجم بيورابيورا)، وفى كاتنجا فى جمهورية الكنغو (الكونجو).

هناك خامات هامة أخرى للنحاس، وتستعمل تجاريا وتشمل

١- كوبريت cuprite (الأكسيد الأحمر) ويستخرج فى كورنوول وأستراليا.

٢- بورنيت bornite (خام لحم الحصان) ويستخرج من كورنوول وألمانيا.

٣- كريزوكولا chrysocolla ويوجد أيضا فى كورنوول وفى أستراليا (بالقرب من أديليد) وفى كاتنجا وزامبيا.

(ج)الذهب Gold

نظرا لجماله الشديد ووجوده فى لورة حرة، وأنه لا يستخلص من الخام بعمليات ميتالورجية معقدة، لذا عرف الإنسان قيمته منذ فجر التاريخ. وفكرة أن الذهب غال نظرا لندرته تمثل مفهوما خاطئا، ففى الواقع أن الذهب يتتشر فى أماكن كثيرة حول العالم (حتى فى مياه البحر). والذهب الحر native gold (Au) يوجد فى عروق الكوارتز، ومصاحبا لمعدن البيريت Pyrite (الذى يشابهه). وذهب طمى الفيضان alluvial gold يوجد فى منطقة كورنوول وأسكتلندا. والذهب المستخرج من شمال ويلز تصنع منه خواتم الزفاف للأسرة المالكة البريطانية، لكن إنتاج بريطانيا من الذهب لا يعد كبيرا إذا ما قورن بإنتاج جنوب أفريقيا والاتحاد السوفيتى والولايات المتحدة وكندا أو أستراليا.

(د)الرصاص Lead

أهم مصدر للرصاص هى الجالينا (PbS) التى توجد فى أنواع كثيرة من الصخور، تشمل الصخور النارية والرسوبية والمتحولة. وقد يوجد كبريتيد الرصاص كراسب إحلال فى الحجر الجيرى أو فى جيوب مركزة فى أماكن محددة.

وتوجد الجالينا عادة مختلطة بالنحاس والزنك والفضة، وبعض من هذه الخامات قد توجد بكميات كافية مما يجعلها مربحة تجاريا. والجالينا معدن ناعم الملمس لونه رمادى، أشبه بالرصاص نفسه. ومعظم إنتاج العالم من الجالينا يستخرج من أميركا واستراليا (خاصة عند بروكن هل Broken Hill ونيوسوث ويلز New South Wales. ولقد نشأت فى الماضى صناعة مهمة فى بريطانيا فى مناطق كورن وول وكمبرلاند ودربى شاير وجزيرة مان واسكتلندا، حيث وجدت كميات كافية من الجالينا. خام آخر للرصاص هو سيروسيت cerussite ($PbCO_3$)، وخام ثالث هو إنجلزيت anglesite (كبريتات الرصاص $PbSO_4$) وهو مصدر قيم لبعض الرصاص، ويوجد فى أجزاء عديدة من بريطانيا مثل منجم بوريس Porys Mine، ويوجد أيضا فى أستراليا. ويستخدم الرصاص فى صناعة الألوان والأصباغ (فى شكل الرصاص الأبيض) وفلزات الطباعة، والأنابيب والمراكم، وأشابات (سبائك) اللحام، وسبائك الفلزات، والمواد الدرعية للوقاية من النشاط الإشعاعى والأشعة السينية.

(هـ)الزئبق- Mercury

أكثر خامات الزئبق شيوعا هو السنابار cinnabar (المعروف باسم الفضة السريعة quicksilver)، وتركيبه كبريتيد الزئبقيك HgS. وبالرغم من وجوده فى أماكن قليلة نسبيا، إلا أن السنابار يوجد فى الصخور البركانية والصخور الرسوبية وبالقرب من الينابيع الحارة. ويوجد فى صورته المثالية على هيئة كتل ترابية أو تجمعات جيبية دقيقة لونها أسود. والزئبق الحر (native) قد يوجد أيضا فى قطيرات فضية صغيرة فى رواسب معينة للسنابار. وتعد أسبانيا أكبر منتج للسنابار فى العالم، لكن إيطاليا هى الأخرى منتج كبير نسبيا. وينتج السنابار أيضا فى أميركا ويستخرج كذلك من أستراليا ونيوزيلندا.

والحقيقة التى تقول بأن السنابار قد ترسب من مياه الينابيع الحارة دليل على تكونه فى صخور الثلاثى البركانية .

ويرتبط الزئبق مع معظم الفلزات ليكون «الملغم» ويستخدم ملغم النحاس فى حشو الأسنان. والزئبق مهم فى صناعة المفرقعات وفى صناعة الأجهزة العلمية مثل الترمومترات والبارومترات.

(و)الفضة Silver

هذا معدن آخر عرف الإنسان قيمته، وقد توجد الفضة فى صورة الفضة الحرة (Ag)، وتكون عادة صدئة، إما متناثرة فى الصخور أو فى صورة عروق معدنية. والأرجنتيت Ag_2S، وهو كبريتيد الفضة يعد أكثر خامات الفضة شيوعا، وقد يوجد مع الفضة الحرة وبعض الفلزات المعدنية الأخرى.

ويوجد الأرجنتيت عادة فى صورة كتلية أو فى صورة قشرية، وقد تتكون منه بلورات مكعبية. وتعد المكسيك أكبر منتج للفضة فى العالم، وتليها الولايات المتحدة، وتأتى كندا فى المرتبة الثالثة.

وتنتج النرويج (كونجسبرج Kongsberg) وبيرو وأستراليا (بروكنهل ونيوسوث ويلز) ومناجم مونت إسا وكوينزلاند، كميات معقولة من الفضة.

وتستخدم الفضة فى صناعة العملة والمجوهرات وأدوات المائدة، وتستخدم أيضا فى طلاء المعادن والتصوير والصناعات الكيميائية والإلكترونية.

(ز)القصدير Tin

الخام المهم الوحيد للقصدير هو الأكسيد(كاستيرايت SnO_2) أو «حجر القصدير tinstone». وبالرغم من انتشاره الواسع بكميات قليلة، إلا أنه يوجد بكميات تجارية فى الصخور النارية، حيث يختلط عادة بالكوارتز والتوباز والجالينا والتورمالين. وكان الرومان يستخرجون القصدير فى كورنوول. أما فى الوقت الحالى، فإن معظم إنتاج العالم من القصدير يأتى من الملايو وبوليفيا وإندونيسيا. ويستخدم القصدير فى أعمال الطلاء (تبطين المعلبات أحد الاستعمالات الرئيسية للقصدير)، وفى سبائك اللحام، وفلزات الطباعة، ورقائق القصدير، والخلط بالنحاس لصناعة البرونز.

(ح) الزنك Zinc

هذا فلز آخر من المجموعة التى لها أهمية اقتصادية، والخام الأولى له هو الزنكبلند أو الاسفاليرايت (ZnS). وهو معدن يشبه معدن الجالينا فى نشأته ووجوده الذى يوجد مختلطا به عادة. ويوجد فى العروق المعدنية فى الصخور النارية والرسوبية والمتحولة، وكرواسب إحلال فى الحجر الجيرى. وتعد الولايات المتحدة وكندا والمكسيك وبيرو وأستراليا الدول الأساسية المنتجة للزنك.

ويستخدم الزنك فى جلفنة الصلب، وفى صناعة الألوان والنحاس الأصفر. ومستحضرات التجميل، وفلزات الطباعة وصناعة البطاريات الجافة وفى أغراض أخرى متعددة.

(ط) الحديد Iron

ربما يكون الحديد هو أهم الفلزات الأساسية على الإطلاق، ويمكن الحصول على الحديد من كثير من المعادن تشمل الهيماتيت والمجنتيت والليمونيت.

والهيماتيت؛ أكسيد الحديديك (Fe_2O_3)؛ هو أحد أكثر المعادن شيوعا فى العالم؛ ويوجد فى طبقات كتلية سوداء وفى صخور الشيست المتورقة، وهو فى الأصل رسوبى النشأة، ومعظم الرواسب الحديدية تغيرت وتحللت وحدثت لها عملية إثراء بفعل المحاليل الأرضية .

ومعدن الهيماتيت استخلص فى أجزاء عديدة من بريطانيا؛ من غابة دين Forest of Dean (جلوسسترشاير) وكمبرلاند. وأضخم الرواسب توجد فى كندا فى منطقة البحيرات العظمى Lake Superior. والمجنتيت magnetite وتركيبه Fe_3O_4 يجذبه المغنطيس بشدة، وتوجد ضروب من المجنتيت تعمل عمل المغنطيس وتعرف باسم لودستون lodestone. وتوجد كميات ضخمة من هذه الرواسب فى المناطق الإسكندنافية وفى أميركا.

والليمونيت limonite هو اصطلاح يستخدم للدلالة على مجموعة مختلطة من هدروكسيدات الحديد؛ صيغتها الكيميائية على وجه التقريب $Fe_2O_3 . x H_2O$.

وتوجد فى كتل ترابية أو فى كتل مدمجة، وهى من خامات الحديد الشائعة نسبيا، وتوجد فى أسبانيا وكوبا، ويشيع وجودها فى خامات الحديد البريطانية من الدور الجوراسى.

والبيريت pyrite «أو الذهب الخادع»، معدن للحديد يستخدم بقلة كمصدر لفلز الحديد، وهو كبريتيد الحديد (FeS_2)، ويوجد مختلطا بعدد من الخامات المختلفة، منها النحاس والذهب. ومعدن البيريت يعد مصدرا قيما للكبريت ويستخدم فى صناعة حمض الكبريتيك.

ويوجد الحديد الحر native iron، فى جيانت كوزواى Giants Causeway بإنجلترا فى النيازك وفى أماكن أخرى. ومعدن السيدريت siderite $FeCO_3$ معدن عروق مهم يستغل فى ألمانيا ومعدن الماركزيت marcasite FeS_2 يوجد فى درنات صخور الطباشير، ويستخدم كحجر شبه كريم فى صناعة المجوهرات.

(ى) النيكل Nickel

يستخدم النيكل على نطاق واسع فى السبائك (الأشابات) لصناعة العملة وفى الصناعات الكهربائية وهو مثل الحديد يمكن مغنطته.

- **البنتلنديت pentlandite**

هو الخام الأساسى للنيكل وتركيبه (Fe , Ni)S. وأضخم الرواسب التى اكتشفت حتى الآن توجد فى سيدبرى Sudbury وأونتاريو Ontario. وفى ديسمبر ١٩٦٩، وبعد اكتشاف احتياطيات كبيرة من النيكل فى وندورا Windorra بأستراليا، ارتفع سعر الأسهم بطريقة لم يسبق لها مثيل فى شركة بورسيدون للمناجم.

(ك) الكوبالت Cobalt

توجد خامات الكوبالت عادة مع خامات الحديد والنيكل. ويستخرج معدن إسمالتيت ($CO AS_2$) من كورنوال، وأونتاريو وكتانجا وزامبيا. يستخدم الكوبالت فى الصناعات الكيميائية وكصبغ هام فى صناعة الألوان والحراريات. وتصنع المغنطيسات بصفة دائمة من أشابات الكوبالت تقريبا.

(ل) الكروم Chromium

الخام الوحيد المهم للكروم هو الكروميت ($FeCr_2O_4$). ومن أكبر الدول المنتجة للكروم روسيا وروديسيا والهند. والكروم مادة مهمة لتبطين الأفران اللافحة. ويستخدم فلز الكروم نفسه فى الطلاء بالكروم وفى صناعة الصلب الذى لا يصدأ.

(م) المنجنيز Manganese

يوجد المنجنيز عادة مع الكوبالت وما يختلط به. ويوجد على هيئة أكاسيد متعددة للخام، منها البيرولوسيت pyrolusite والبسيلوميلين psilomelane. وتعد روسيا والهند المصدران الرئيسيان لهذه الخامات. وللمنجنيز قيمة عظيمة فى صناعة الأشابات (السبائك) alloys وبخاصة فى صناعة الصلب.

(ن) المغنسيوم Magnesium

يوجد بكثرة فى أماكن كثيرة من العالم، وهو ثامن العناصر وفرة فى القشرة الأرضية. ويستخلص المغنسيوم الفلزى بالطرق الكهربائية من الكارنالليت carnallite ($KCl . MgCl . 6H_2O$)، وكذلك من مياه البحر.

- **المجنزيت magnesite**

يوجد المجنزيت ($MgCO_3$) فى العروق المعدنية فى اليونان والهند، كذلك على هيئة معدن استبدالى فى صخور توجد فى النمسا وكندا. ويستخدم المجنزيت فى تبطين الأفران اللافحة وفى صناعة الأسمنت، وكذلك فى صناعة الورق والسكر.

- **الدولوميت dolomite**

أصبح الدولوميت $CaMg (CO_3)2$ مصدرا اقتصاديا مهما للمغنسيوم. ويوجد خامان آخران للمغنسيوم، تجدر الإشارة إليهما وهما إبسوميت epsomite (ملح ابسوم epsom salt $Mg SO_4 . 7H_2O$) الذى يستخدم فى صناعة الأدوية، ومعدن إسبينيل spinel ($Mg Al_2O_4$) وهو حجر كريم يوجد فى سيلان Cylon وبورما Burma وتايلاند Thailand.

(س) اليورانيوم Uranium

فى هذا العصر المسمى بالعصر الذرى لعبت المعادن المشعة دورا متزايد الأهمية فى التكنولوجيا الحديثة. وبالرغم من وجود عدد من المعادن المشعة، فإن اثنين منها سوف نلقى عليهما الضوء نظرا لأهميتهما

اليورانينيت والذى يعرف أيضا باسم البتشبلند، هو المصدر الأساسى لليورانيوم والراديوم، وهو أكسيد معقد لليورانيوم. ويحتوى اليورانينيت على كميات ضئيلة من الثوريوم والرصاص والهليوم وكذلك عناصر نادرة معينة أخرى وقد يوجد اليورانينيت على هيئة مكون أولى فى بعض صخور الجرانيت والبجماتيت. ويوجد أيضا معدنا ثانويا مع خامات الرصاص والنحاس والفضة.

- **كارنوتيت Carnotite**

معدن ترابى مسحوق؛ وهو خام لليورانيوم والفاناديوم، ولذا يسمى فانادات يوارنيل البوتاسيوم، وتركيبه الكيميائى $K_2 (UO_2)_2 (VO_4)_2 . 3H_2O$ ويوجد الكارنوتيت منتشرا فى الصخور الرسوبية المجواة، وخاصة فى الحجر الرملى. وتعد كاليفورنيا إحدى أكبر المناطق المنتجة للكارنوتيت، كما أنه يوجد فى أستراليا وفى مناطق أخرى من العالم.

٨- المعادن اللافلزية أو الصناعية Non - Metallic or Industrial Minerals

تشتمل هذه المجموعة على المعادن التى لا تحتوى على فلزات معينة أو المعادن التى تستخدم لاحتوائها على نسبة معينة من فلز ما، وتضم هذه المجموعة الفحم، والنفط، والكبريت، والمخصبات، وأحجار البناء، والأحجار الكريمة. وفيما يلى وصف لبعض من هذه المعادن والمنتجات التى استخلصت منها

- **مواد السحج Abrasives**

هى مواد تستخدم فى صقل وسحج أو قطع المعادن الأخرى. والمعادن التى تستخدم فى هذه الأغراض هى الجارنت والألماس والكورندم وبعض ضروب معدن الكوارتز.

• الأسبستوس Asbestos

تستخدم بعض معادن السليكات الإبرية كمواد عازلة، ومواد ضد الحريق وفى صناعة البلاستيك، وفى تبطين الكوابح (الفرامل) وأكثر هذه المعادن أهمية هى الكريزوتيل، والكروسيدوليت والأكتينوليت - تريموليت.

• الأسمنت والجير والجبس Cement , Lime and Plasters

يتكون الحجر الجيرى أساسا من كربونات الكالسيوم، ويستخدم فى صناعة الأسمنت البورتلندى والجير الزراعى وكذلك فى أحجار البناء ؛ وكربونات الكالسيوم مادة مهمة جدا فى صناعة الصلب. والجبس، وهو كبريتات الكالسيوم يستخدم فى صناعة المصيص والطلاء وعجينة باريس.

• الصلصال Clay

تستخدم معادن الصلصال مختلطة مع بعض المعادن الأخرى مواد أساسية لصناعة الطوب والبلاط والفخار والصينى. وتستخدم معادن الصلصال فى صناعة الورق، ومشمع الأرضيات، والأسمنت وفى أعمال الأساسات أيضا.

وهناك أنواع خاصة من الصلصال تصنع منها القوالب الحرارية التى تستخدم فى تبطين الأفران والمحارق.

• معادن المخصبات Mineral Fertilizers

البوتاسيوم والنتروجين والفوسفور هى العناصر الثلاثة الأساسية التى تساعد على نمو النبات. ويعد صخر الفوسفات مصدرا قيما للفوسفور لما يحتويه من كمية كبيرة من معدن الأباتيت. أما السلفيت Sylvite فهو مصدر مهم لعنصر البوتاسيوم والنترات الطبيعية لإمداد النبات بما يحتاجه من عنصر النتروجين ومعظم معادن المخصبات تستخرج من شيلى. وهناك معادن ومواد أخرى تستخدم فى صناعة المخصبات مثل الحجر الجيرى الأرضى والجلوكونيت والجبس والبوراكس ويتزايد الآن استخدام الأنهيدريت.

• الملح Salt

الهاليت هو ملح الطعام الشائع، ويستخدم كثيرا فى الصناعات الكيميائية مصدرا أساسيا لمركبات الصوديوم وكذلك للكلور (ولكن بدرجة أقل). ويستخدم

الملح فى عمليات دبغ الجلود وتحضير الأطعـمة وأنواع خاصة من المواد التى تساعد علـى التجـمد. هذا قليل من الكثيـر من فوائد هذا المعدن المهم والذى كـان دائما مهما بالنسبة للإنسان.

•الكبريت Sulphur

يوجد هذا المعـدن الأصفر اللافلزى، فى الصخـور البركانية وحـول العيون الحارة ويرتبط مع القـباب الملحية. وينتج الكبـريت أساسا من صخـور القمة cap rocks للقبـاب الملحية فى ولايتى تكسـاس ولويزيانا فى الولايات المتحـدة، بينما تنتج جزيرة صـقلية وأماكن أخرى من العـالم كميات من الكبـريت، لكن بدرجة أقل. ويستخدم الكبريت ومركباته فى صـناعة الورق وحمض الكبريتيك ومسحوق البارود والثقاب والمبيدات الحشرية وفى صناعة الدواء. كذلك يستخدم الكبريت فى عملية فلكنة المطاط.

وتحتوى الينابيع المعدنـية فى منطقة هاروجيت Harrogate وتشلتنهام Chel-tenham، و «باث» Bath على كبـريتيـد الهدروچين (H_2S) والذى تشبـه رائحته رائحة البـيض الفاسد. ولوجـود كبريتـيد الهدروچين وبعض المعـادن الأخرى فى الينابيع المعدنية، يعتقد أن لها فوائد صحية للمتعبين وكبار السن.

الفصل الثالث

الصخور النارية والبركنة

IGNEOUS ROCKS AND VOLCANISM

الصخور النارية هى تلك الصخور التى تصلبت من حالة منصهرة أصلا. واشتقت الكلمة من أصل لاتينى ومعناها النار ignis، وكثير من الصخور والمعادن الموجودة عند أعماق بعيدة فى داخل الأرض توجد فى صورة منصهرة نظرا لشدة الحرارة المتزايدة فى الأعماق. والصهارة هى أجسام كبيرة من الصخور توجد فى حالة منصهرة ومدفونة فى أعماق الأرض. وفى بعض الأحيان، قد تتدفق مواد الصهارة خارج سطح الأرض، ومثال ذلك انسياب اللابة من البركان وتسمى هذه المواد الصهارية التى تتصلب فوق سطح الأرض باسم الصخور البركانية أو الطفحية أو النابطة. وفى ظروف أخرى، قد لا تجد الصهارة طريقا لها إلى سطح الأرض، لكنها تشق طريقها متدخلة فى صخور أخرى حيث تبرد وتتجمد.

وهذه الصخور المتدخلة تكون ما يسمى بالصخور المتدخلة أو البلوتونية intrusive وتتميز الصخور النارية عن الصخور الرسوبية والصخور المتحولة بنسيجها وبنيتها ومحتواها المعدنى، وعدم احتوائها على حفريات.

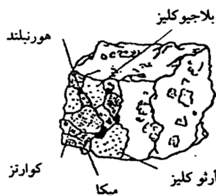
١- الصخور المتدخلة أو البلوتونية Intrusive or Plutonic Rocks

تكونت هذه الصخور نتيجة لتجمد خليط معدنى منصهر تحت سطح الأرض، وكلما ازداد العمق الذى تحدث عنده عملية التجمد، كان معدل فقد الحرارة بطيئا، وبالتالى تتكون صخور تتميز بأنسجة غليظة من بلورات معدنية كبيرة الحجم نسبيا. وعلى النقيض من ذلك، فالصخور التى تبرد بسرعة أكبر؛ حيث أنها تكون أكثر قربا من سطح الأرض، يكون لها نسيج دقيق.

ويعتمد نسيج الصخر النارى أساسا على شكل وحجم وطريقة ترتيب الحبيبات المكونة للصخر. ونظرا لطبيعة التزاحم الذى تتكون عنده جسيمات المعدن، فإن المعادن تبدو زاويّة أو ذات شكل غير منتظم. وفيما يلى وصف لبعض أنواع الصخور النارية البلوتونية (الجرانيت والجابرو والبريدوتيت والسيانيت والديوريت):

• الجرانيت Granite

أكثر أنواع الصخور النارية البلوتونية غليظة التحبب انتشارا هو الجرانيت (شكل ٢٠) والجرانوديوريت والأبليت والبجماتيت والميكروجرانيت. ويتردد قطر البلورات عموما فى هذه الصخور بين ٠,٠٦٣ من البوصة ونصف البوصة، لكن بعض أنواع الجرانيت ذات البنية الفرفيرية، يوجد فيها بوضوح عدد من البلورات الكبيرة. مثال ذلك جرانيت شاب Shap Granite، توجد فيه بلورات كبيرة من الأرثوكليز، وردية اللون يسهل التعرف عليها بوضوح، وهناك جلاميد كبيرة من «جرانيت شاب» توجد على شاطئ خليج روبين هود، يوركشير بإنجلترا على بعد ٨٠ كيلو مترا تقريبا من «شاب» حيث جلبها الجليد إلى هناك على هيئة صخور هائمة، وتقزمت هذه البلورات بالنسبة للبلورات العملاقة (قطرها ٢٠ قدما أو أكثر من ذلك) والتى وجدت فى صخور البجماتيت فى النرويج، وفى الميكا فى جنوب أفريقيا.



شكل (٢٠)

جرانيت، صخر نارى جوفى، غليظ التحبب

ويتكون الجرانيت أساسا من معادن الكوارتز والفلسبار والميكا أو الهورنبلند، ويحتوى الأبليت aplite على نسبة عالية من فلسبار الأرثوكليز ويوجد فى عروق الجرانيت، كذلك صخور البجماتيت ذات الحبيبات الأكثر غلظا، ويوجد أيضا فى الجدد والصخور الإقليمية. والميكروجرانيت وهو من الصخور الجرانيتية دقيقة التحبب وتوجد أحيانا عند حافات المتدخلات البلوتونية، وكذلك يوجد الميكروجرانيت فى الصخور البركانية النابطة. وعندما تزداد نسبة البيوتيت (معدن أدكن من معادن الميكا) فى صخر الجرانيت يصبح اسمه جرانوديوديت.

وصخر الجرانيت ناصل اللون عادة، وقد يكون أبيض أو رماديا أو ورديا أو بنيا ضاربا إلى الاصفرار. وبالرغم من أن الحبيبات المفردة يمكن رؤيتها بوضوح، فإنها تلتحم بعضها مع بعض لتكون صخرا صلبا ثابتا. ويمكن صقل صخر الجرانيت ليستخدم أحجارا للبناء والزينة، وفى الأبنية الضخمة التذكارية، وأكثر الأنواع شهرة فى هذا المجال هما جرانيت شاب Shap Granite ودارتمور Dartmoor. ولقد كان أصل الجرانيت ونشأته مثارا للجدل فى الآراء بين الجيولوچيين، فكثير من صخور الجرانيت قد تكون نتيجة لبرودة الصهارة وتصلبها عند أعماق كبيرة ولهذا تسمى الصخور النارية البلوتونية (الجوفية) plutonic igneous rocks. وهذه قد تكونت نتيجة الذوبان الانتقائى لطبقة السيال Sial. وتجدر الإشارة إلى أن صخور الجرانيت توجد بالتحديد فى المناطق القارية. وتصاحب صخور الجرانيت غالبا الصخور المتحولة، ومن المعلوم أن أى صخر يمكن أن يتحول إلى صخر الجرانيت إذا أتيح له الوقت الكافى؛ وهذه عملية تسمى الجرنتة granitzatiom ويعتقد أنه بتأثير الحرارة والضغط، تصبح صخور القشرة منصهرة، وهكذا تكون الجرانيت المتحول. وهناك جدل كثير ثار حول الجرانيت، وهل هو نارى الأصل أو متحول وقد اتفق العلماء على أن النوعين موجودان.

• الجابرو Gabbro

الجابرو صخر نارى كثيف الوزن النوعى، أدكن اللون، يتكون من حبيبات غليظة من فلسبار البلاجيوكليز والأوجيت، ولا يوجد معدن الكوارتز فى صخر

الجابرو إلا فى ضرب واحد منه وهو جابرو الكوارتز quartz gabbro. وفى صخر الجابرو تكون بلورات المعادن دكناء عادة فتتخذ اللون الرمادى والأخضر الأدكن أو الأسود.

•البريدوتيت Peridotite

تسود فى هذا الصخر المعادن الدكناء، ويسمى أيضا بيروكسينيت pyroxinite. والكمبرليت kimberlite صخر بريدوتيتى يتكون من البيروكسين والأوليفين. وهذا الصخر مشهور بالأعداد الكبيرة من بلورات الألماس التى استخلصت منه فى منطقة كمبرلى Kimberley فى جنوب أفريقيا.

•السيانيت Syenite:

يشبه السيانيت صخر الجرانيت، لكنه أقل شيوعا فى وجوده ويحتوى على نسبة قليلة من معدن الكوارتز، أو لا يحتوى عليه بالمرة. وإذا وجد الكوارتز فى السيانيت، يسمى سيانيت الكوارتز quartz - syenite. ويتكون الصخر أساسا من الفلسبار البوتاسى مع بعض الميكا أو الهورنبلند. وتتميز صخور السيانيت بأن معادنها ذات بلورات صغيرة، وبأن لها أنسجة مستوية.

•الديوريت Diorite

يوجد صخر الديوريت غالبا فى الجدد المتشعبة من صخور الجرانيت. ويتميز الديوريت بغلظ حبيباته، ويشبه الجرانيت فى كثير من صفاته ما عدا عدم احتوائه على معدن الكوارتز.

٢-الصخور النابطة أو البركانية Extrusive or Volcanic Rocks

تتكون الصخور النابطة من الصهارة التى تجد طريقها إلى خارج سطح الأرض حيث تبرد وتتجمد. مثل هذه الصخور قد تتدفق من فوهات البراكين، أو من الشقوق العظيمة فى القشرة الأرضية.

وبالإضافة إلى اللابة السائلة، فإن جسيمات صلبة مثل الرماد البركانى أو القنابل البركانية، قد تقذف خارج البركان أثناء ثورانه، وعندما تصل الصهارة إلى

سطح الأرض فإنها تفقد ما بها من غازات وتبدأ فى التبرد السريع نسبيا ؛ وهذا يمنع النمو البطىء للبلورات مما يؤدى إلى تكون النسيج الدقيق التبلور الذى لا يمكن رؤية بلوراته بالعين المجردة أو بدون أداة مكبرة. وفى بعض الحالات، قد تبرد الماجما بسرعة، لدرجة أنها لا تسمح بتكون بلورات، وبالتالى يتكون الزجاج البركانى، وبعض أنواع الصخور النابطة الأكثر شيوعا هى الفلسيت والبازلت والحجر الخفاف (النشف) والأبسيديان.

• الفلسيت Felsite

يطلق اسم فلسيت على الصخور النارية ذات النسيج الدقيق جدا. ويشمل صخور الريوليت الزجاجى glassy rhyolites التى تتدرج إلى حجر البتشستون pitchstone والأبسيديان. وتشبه صخور التراكيت trachytes والأنديزيت andesites فى تركيبها صخور السيانيت syenites والديوريت diorites على الترتيب. وتجدر الإشارة إلى أن كلمة دقيق (fine) تختص بوصف البلورات بذاتها والتى تكون ناصلة اللون ولا يمكن رؤيتها بطرق التكبير الزجاجية العادية. ويتردد لون الفلسيت من الأبيض إلى الرمادى الناصل أو الرمادى المعتاد، وقد يتخذ لونا يميل إلى اللون الوردى أو اللون الأحمر أو اللون الأخضر أو القرمزى أو الأصفر.

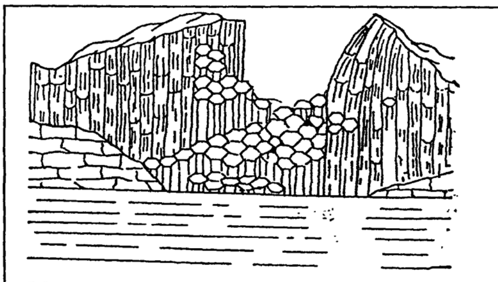
ويحتوى الفلسيت عادة على الكوارتز والأرثوكليز والبيوتيت. وهى نفس المعادن التى توجد فى صخور الجرانيت وهو صخر نارى بلوتونى (جوفى)، لكن صخر الجرانيت يكون نسيجه أكثر غلظا بينما الفلسيت دقيق التبلور تماما. وهنا يمكن القول إن الصهارة نفسها التى تحتوى على الكوارتز والأرثوكليز والبيوتيت، تبرد عند مسافات مختلفة من سطح الأرض وتنشأ منها صخور لها نفس التركيب الكيميائى، لكن يكون لها مظهر فيزيقى مختلف.

• البازلت Basalt

هذا هو أحد أكثر الصخور النارية النابطة شيوعا فى العالم. وصخر البازلت لونه رمادى أدكن أو أخضر أدكن أو بنى أو أسود ووزنه النوعى ثقيل عادة. وتتميز صخور البازلت بأن لها نسيجا دقيق التبلور. ويتكون البازلت أساسا من

البيروكسين والبلاجيوكليز وفى بعض الأحيان يحتوى على الأوليفين أيضا. وتتميز بعض أنواع البازلت بوجود عدد كبير من الفجوات والفتحات التى تدل على أن فقاعات غازية كانت موجودة من قبل، ويسمى هذا الصخر سكوريا Scoria ، وهو شائع فى الانسيابات اللابية المتصلة. ومع مرور الزمن قد تملأ هذه الفجوات والفتحات ببعض المعادن مثل الكوارتز أو الكالسيت وتتخذ مثل هذه المعادن التى تملأ هذه الفجوات شكل اللوز، ولذلك تسمى «ملوزات» ويسمى البازلت الذى يحتوى على عدد كبير من هذه الأشكال اللوزية الشكل باسم البازلت «الْمُلَوَّز»، كذلك قد تنتج معادن ذات بلورات دقيقة. ويمكن مشاهدة صخور البازلت فى أماكن كثيرة من بريطانيا مثل Midland Valley فى اسكتلندا وهى صخور يرجع عمرها إلى الدور الكربونى. وتوجد فى الهند وفى الجزء الشمالى الغربى للولايات المتحدة الأمريكية انسيابات بازلتية عظيمة تغطى مساحة ٢٠٠ ألف ميل مربع (٥١٢ ألف كم^{٢}) وتمتد إلى عمق آلاف الأقدام.

ويتميز البازلت بالبنية العمدانية المنفصلة (شكل ٢١) وتنشأ هذه الظاهرة نتيجة لتبرد الصخر وتقلصه وانكماشه ثم انفصاله إلى أعمدة رأسية. وهذه الظاهرة يمكن مشاهدتها بوضوح فى چيانتس كوزواى Giants Causeway وفى كونتى أنتريم County Antrim، بشمال ايرلندا وبكهف فنجالز Fingals Cave عند جزيرة ستافا Staffa وفى جزر هبريدس Hebrides.



شكل (٢١)

التمفصل العمدانى فى البازلت

وتستخدم صخور البازلت فى رصف الطرق وبعض أغراض الإنشاءات الأخرى، نظرا لصلادتها العالية. وبالإضافة إلى ذلك، فقد اكتشفت كميات كبيرة من خامات النحاس فى رواسب البازلت المُلَوَّزة amygdalaidal.

• النشف (حجر الخفاف) Pumice

يتكون الحجر الخفاف (البيوميس) عندما تتصلب اللابة وتخرج منها الأبخرة والغازات على هيئة فقاعات فى نفس وقت تصلبها. ويتكون الحجر الخفاف من التبرد السريع وتجمد المواد البركانية. ويتميز بوجود عدد كبير من الفراغات الصغيرة التى تعطى للصخر مظهرا مشابها للإسفنج. وللحجر الخفاف (شكل ٢٢) وزن نوعى خفيف، وتحتبس فيه فراغات تمتلئ بالهواء، مما يجعله يطفو فوق الماء. وتقذف فى البحار كتل من الحجر الخفاف أثناء ثوران البراكين الجزيرية وتطفو هذه الكتل لمسافات بعيدة عن مصدر انطلاقها.



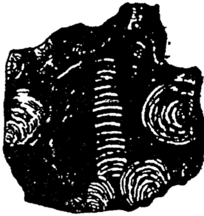
شكل (٢٢)
الحجر الخفاف
نوع من الصخور النارية السطحية

ويتميز الحجر الخفاف بلونه الناصل. ومع أنه يميز بسهولة من مجرد مظهره، إلا أن له نفس التركيب الكيميائى مثل الجرانيت والأبسيديان. ويوجد الحجر الخفاف حيثما كان النشاط البركانى موجودا فى أى مكان من العالم. ويستخدم حجرا للسحج وفى صناعة الصابون والمنظفات وكذلك فى بعض أنواع ممحاة المطاط rubber erasers .

• الأوبسيديان Obsidian

يعرف باسم الزجاج البركانى، وهو صخر نارى نابط زجاجى، برد بسرعة كبيرة، بحيث لم تكن هناك فرصة لتكوين ونمو أى بلورات معدنية. والأبسيديان صخر لامع زجاجى، لونه أسود أو بنى ضارب إلى الاحمرار. ويتميز الصخر بمكسر محارى ذى حافات حادة (شكل ٢٣) وقد استخدم هذا الصخر قديما فى

عهد الإنسان الأول فى صناعة رؤوس الأسهم والرماح والسكاكين وبعض الأدوات الأخرى. ويتكون الأوبسيديان نتيجة التبرد السريع لانسيابات اللابة على سطح الأرض. ويوجد فى أماكن عديدة من العالم، أشهرها مونت هكلا Mount Hecla فى جزيرة أيسلندا والمتنزه الوطنى National Park فى وايومنج Wyoming (حيث كان يستخدمه الهنود لصناعة الرماح ورؤوس الأسهم).



شكل (٢٣)
ابسيديان

٣- أنسجة الصخور النارية

Textures of Igneous Rocks



شكل (٢٤)
فرفير يوضح بلورات كبيرة فاتحة اللون فى أرضية دكناء

يعد النسيج **texture** صفة فيزيقية تميز الصخور النارية، ويتأثر النسيج بمعدل تبرد أو تبلور الصهارة. وكما يختص النسيج بوصف الشكل العام لأى صخر، فإنه يختص ويتحدد أكثر بدراسة شكل وحجم وترتيب معادن السليكات فى الصخر النارى. ويوصف الصخر بأنه حبيبى إذا كانت حبات معادنه كبيرة إلى القدر الذى يمكن رؤيتها وتعرفها بالعين المجردة، ويوصف فى هذه الحالة أيضا بأنه جرانيتى النسيج. وإذا كانت حبيبات المعادن فى الصخر صغيرة جدا ولا يمكن رؤيتها بالعين المجردة، يوصف نسيج الصخر فى هذه الحالة بأنه لا مرئى aphanitic أما الصخور ذات النسيج الزجاجى مثل صخر الأوبسيديان **obsidian**، فتبدو كأنها مكونة من زجاج. وهناك صخور نارية تبدو كأن لها نسيجين مختلطين ؛ هذا الضرب من الأنسجة يسمى النسيج الفرفيرى porphyritic، ويتميز هذا

النسيج بوجود بلورات كبيرة نسبيا تسمى البلورات الكبيرة phenocrysts تحاط بأرضية(خلفية) من بلورات أصغر (شكل ٢٤). ويعتقد أن صخر البورفيريت porphyrite يمثل طورين مميزين من البرودة والتصلب. وتكون الصخور البلوتونية (الجوفية) التى تتبرد بمعدل بطىء جدا، بلورات يتردد طولها بين بوصات عديدة إلى أقدام عديدة. ويسمى هذا الصخر الغليظ التجب باسم البجماتيت pegmatite وهذا النسيج يميز ضروبا معينة من صخور الجرانيت.

٤- التركيب الكيميائى للصخور النارية

Chemical Compositiom of Igneous Rocks

يعتمد نوع الصخر النارى الذى يتكون من الصهارة أو اللابة على التركيب الكيميائى لمواد الصهارة الصخرية الأصلية أساسا، وعلى ذلك تقسم الصخور النارية إلى:

أ- الصخور النارية الحمضية Acidic Igneous Rocks

تحتوى هذه الصخور النارية على نسبة عالية من السليكا وتعرف باسم الصخور الحمضية أو السيالية sialic؛ واشتق اسم سيالية من الرمز الكيميائى "Si" للسليكون و "Al" للألومنيوم. وتحتوى هذه الصخور على محتوى عال من السليكا وفلسبار الصوديوم - البوتاسيوم، وتحتوى على نسبة قليلة نسبيا من الحديد والمغنسيوم والكالسيوم. والصخور النارية الحمضية ناصلة اللون ووزنها النوعى خفيف، وهى أكثر الصخور النارية شيوعا ومن أمثلتها صخور الجرانيت والريوليت والحجر الخفاف «النشف».

ب- الصخور النارية القاعدية Basic Igneous Rocks

هى الصخور التى تحتوى على نسبة منخفضة من السليكا low - silica content، وهذه صخور دكناء اللون ولها وزن نوعى ثقيل نسبيا. وتعرف باسم الصخور القاعدية أو «السيماتية» (نسبة إلى السليكون والمغنسيوم)، ونظرا إلى محتواها القليل من السليكا ومحتواها العالى من المعادن (الحديدومغنيسية) مثل

البيوتيت والأوليفين والبيروكسين والهورنبلند. وتوجد الصخور القاعدية أسفل الصخور الحامضية فى القشرة الأرضية، ويعتقد أنها تكون معظم الجزر البركانية وأنها تكون جزءا كبيرا من أرضيات المحيطات العميقة. ومن أمثلة هذا النوع من الصخور الجابرو والبازلت.

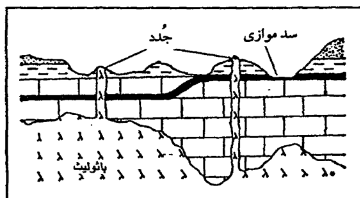
ويوجد تدرج متعدد بين الصخور الحمضية والصخور القاعدية وهناك عينات مختلفة يقع تركيبها وسطا أو انتقاليا بين التركيب الحامضى والتركيب القاعدى.

٥- أشكال أجسام الصخور النارية Forms of Igneous Rocks bodies

تتدخل الصخور النارية المتدخلة intrusive فى الصخور التى تجاورها أو تحقن فيها، ويحدث هذا التدخل أو الحقن عند أعماق بعيدة عادة. وبالتالى فإن أجسام الصخور النارية المتدخلة يمكن رؤيتها بعد زوال الصخور التى تعلوها بواسطة عملية التحات وفيما يلى وصف لبعض الأنواع الشائعة من الصخور النارية الجوفية:

• الجدد القاطعة Dykes

الجدد القاطعة هى كتل من الصخور النارية، نضدية الشكل أو فى شكل الجدار تقطع مستويات التطبق فى الصخور الرسوبية عندما تخترقها (شكل ٢٥). وتتكون الجدد القاطعة عادة عندما تحقن الصهارة فى الشقوق والفواصل الموجودة فى الصخور. ويتردد حجمها بين أقدام قليلة وأميال كثيرة فى امتداداتها.



شكل (٢٥)
المتدخلات النارية

ويشيع وجود الجدد القاطعة فى المناطق البركانية وتصاحب فى العادة الفوهات البركانية. ومن الأمثلة المهمة للجدد القاطعة فى بريطانيا وربما تكون أشهرها هى تلك الموجودة فى كليفلاند Cleveland فى يوركشير وتتكون من صخر الدوليريت ويزيد سمكها على ٣٠ قدما. وفى بعض الأماكن الأخرى، مثل جزيرة آران عند الشاطئ الغربى لأسكتلندا، توجد الجدد القاطعة فى حشود، وفى أماكن أخرى مثل منطقة مل Mull (شاطئ أسكتلندا الغربى)، تظهر الجدد على هيئة حلقات حول كتل نارية كبيرة.

• الجُدُد الموازية Sills

هذه أجسام من الصخور النارية ذات أشكال نضدية وتنتشر أفقيا على هيئة ألواح بين طبقات الصخور أو رقائقها. وتختلف عن الجدد القاطعة فى الصخور النارية توازى مستويات التطبق فى الصخور، ومن أكثر أمثلة الجدد الموازية شهرة، الجدد الموازية فى منطقة وين سيل Whin Sill والتى تمتد فى شمال إنجلترا وجنوب أسكتلندا، والتى استخدمها هادريان كأساس لجزء من جداره. وهناك أمثلة أخرى للجدد الموازية فى جزيرة آران تصاحب الجدد القاطعة هناك، ويبلغ سمك أكبر جدة موازية ألف قدم، وهى التى توجد فى جرف باليساد Palisade المطل على نيويورك.

• اللاكوليثات Laccoliths

هى أجسام عدسية الشكل أو تشبه فطر عش الغراب وهى تدخلات نارية لها أسطح سفلية مستوية نسبيا وأسطح علوية منحنية إلى أعلى أو قبابية. وتتدخل اللاكوليث بين مستويات التطبق وتختلف عن الجدد الموازية فى أنها أكثر سمكا عند المركز وتصبح أرق قرب أطرافها - ومثل هذا التدخل يعطى شكلا يشبه التل القبابى. ومن الأمثلة التى توضح شكل اللاكوليث ما يوجد فى منطقة كورندون فى شروبشاير Shropshire.

• الباثوليثات Batholiths

هذه هى أكبر الأجسام النارية المتدخلة، وهى أجسام غير منتظمة الشكل وتغطى آلافا من الأميال المربعة. وتمتد أجسام الباثوليث خلال الأرض

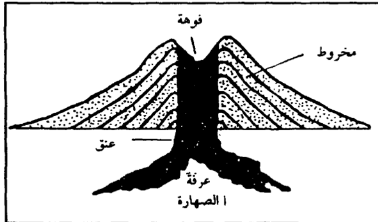
لمسافات كبيرة، ويزداد امتدادها بزيادة العمق. ومن الأماكن المهمة التى انكشفت فيها أجسام الباثوليث على سطح الأرض مناطق دارتمور Dartmoor: وكارنجورمز Caringorms، وأسكتلندا Scotland، وجبال مورن Mourne Mountains.

• الجذوع Stocks

هذه الأجسام النارية تشبه الباثوليث، لكنها تغطى مساحات أقل من ٤٠ ميلا مربعا. ويعتقد أن الأجسام النارية التى فى بودمين مور Bodmin Moor، وكذلك التى فى لاندز إند Lands End وجزر سيلى Scilly Isles هى جذوع من نفس كتل الباثوليث العظيمة التى أدت إلى تكوين الباثوليث فى منطقة دارتمور Dartmoor.

• عنق البركان Volcanic Neck

يتكون عنق البركان حينما تتعرض القنوات الممتلئة باللابة لبركان منقرض للتحات. وعادة ما يكون عنق البركان له قطر أقل من الميل، ويكون العنق أشد مقاومة لعمليات التحات بالنسبة لما يجاوره من صخور، ولهذا يبدو صامدا وثابتا مثل العمود أو البرج؛ (شكل ٢٦) ومثال ذلك الأعناق البركانية التى تشاهد فى أسكتلندا كما فى Castle Rock فى أدنبره وكذلك فى شرق لوثيان East Lothian.



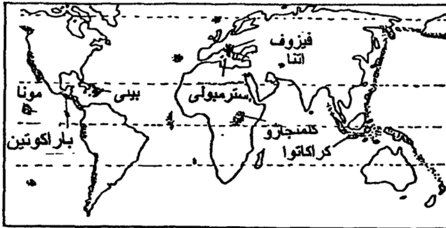
شكل (٢٦)
مخروط بركانى وفوهته

• تكاوين الصخور النابطة Extrusive Formations

أهم الملامح التى تتكون من الصخور الـنارية النابطة هى فيض اللابة، وعادة تكون لوحـية الشكل. وهناك أنماط مـعينة من فـيض اللابة مثل تلك المـوجودة فى الهضبة اللابية الكولمبية Columbian Lava Plateau بين شمال جبال روكى وسلسلة الكاسكاد فى شمـال غرب الولايات المتحدة الأمـريكية والتى تغطى مئـات الأميال المربعة، وتمتد إلى عمق ميل تقريبا.

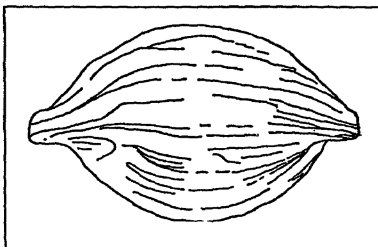
وتنتشر فيوض اللابة فى أماكن أخـرى مـن العالـم كما فى بومباى (الهند)، وجزر هاواى، وبريطانيا.

وقد يبدو غريبا أن الأعناق البركانيـة وفيوض اللابة وبعض الشواهد البركانية الأخـرى توجـد فى بريطانيـا التـى لا تقع فـى حلقة النار (منطقة البـراكين) (انظر شكل ٢٧) لكن هذه المناطـق تمثل فقط المـوقف الحالى فى أيـامنا هذه. لكنه فى الماضى، كـانت بريطانيا قـد تعرضت للنشـاط البركـانى. وجدير بالذكـر أن هذه السمات البركانيـة التى ذكرت سـالفا كانت قد تكونت منذ أكثـر مـن ٣٠٠ مليون سنة مضت فـيما نعـرفه باسم الدور الكربونى. كـذلك يجب أن ننوه إلى أن آخر وقت تعرضت فـيه بريطانيا للنشاط البـركانى كان منذ ٥٠ مليون سنة تقـريبا أثناء الدور الثالث Tertiary Period ، حينمـا نبطت اللابة البازلتـية فى شـمال أيرلندا والجزر الأسكتلندية (وسوف نتناول التـغيرات التى طرأت على الأرض عند دراستنا للتاريخ الجيولوجى فى الفصل الثامن عشر).



شكل (٢٧)
المناطق البركانية حول العالم

بعض الانسيابات اللابية تصاحب البراكين، وبعضها الآخر ينتج من الانسيابات البركانية فى الشقوق ومعظم هذه الانسيابات تظهر التمفصل العمدانى بشكل نموذجى. بينما يتكون البعض الآخر من صخور السكوريا scoria الكتلية الخشنة. وبالإضافة إلى الفيضانات اللابية، تشتمل الصخور النارية النابطة على الرماد البركانى والمقذوفات البركانية، وهى أجسام كروية أو بشكل الكمثرى وتسمى القنابل البركانية (شكل ٢٨)، وتتكون حينما تقذف كتل لابية كبيرة من البركان وتدفع إلى أعلى بشدة وتتصلب فى الهواء.



شكل (٢٨)
قنيفة بركانية

٦-البراكين Volcanoes

البراكين هى فتحات فى القشرة الأرضية تخرج منها وتندفع صخور منصهرة ومواد بركانية أخرى. وتعد البراكين وكذلك الظواهر المرتبطة بها مثل الحرَات (العيون الحارة) والداخنات، من أكثر الظواهر التى يهتم بها الجيولوجيون ولقد ذكر الكثير عن النشاط البركانى فى الكتابات الأولى عن التاريخ. والبركان النموذج هو جبل مخروطى الشكل له فوهة قمعية الشكل عند قمته وتتصل الفوهة البركانية بحجرة الصهارة الموجودة تحت الأرض عن طريق عنق أو أنبوبة. وخلال فترة ثوران البركان، تتصاعد منه أبخرة وغبار ورماد وأحجار وصخور منصهرة (لابة).

وتقع غرفة الصهارة عند عمق كبير من سطح الأرض، وهى مستودع يحتوى على صخور منصهـرة ملتهبة إما أن تتدخل فى صخور القـشرة الأرضية، وإما أن تخرج إلى سطح الأرض.

• توزيع البراكين Distribution of Volcanoes

تظهر البراكين وكأنهـا تتركز فى أحزمة جغرافية محـددة من القشرة الأرضية أو فى نطاقـات معـينة منها وتوجـد هذه المناطق البـركانيـة بكثرة فى مناطق عـدم الاستقرار فى القـشرة الأرضية أو حول مناطق النشاط الحـديث لبناء الجبال وهذان النطاقان الأسـاسيان تكثر فيـهما الصدوع والكسـور العظيمة فى القشـرة الأرضية وأكثـرهما أهمـية هو النطاق البـاسيـفيكى Pacific Zone ويقع على طول حدود المحيط الهادى، ويشمل هذا النطاق براكين شمال ووسط أمريكا، وألاسكا، وجزر أليتيان Aleutian، واليابـان، والفلبيـن، وشرق الأنديز . أما نطاق البحر المتوسط فيمتد فى اتجاه شرق -غرب ويشـمل البراكين الموجودة فى حوض البحر المتوسط، وجزر الهند الغربية، وهاواى والأزور.

وبالإضـافة إلى هـذين النطاقيـن فهناك بعـض البراكـين فى مناطق المحـيط الأطلنطى والمحيط الهادى، والمحيط الهندى، وأيسـلاندا وكذلك فى القارة القطبية الجنوبية.

• نشاط البراكين Activity of Volcanoes:

بعض البـراكين لايزال نشـيطا، بينمـا البعض الآخـر لم يثر خـلال الأزمنة التاريخية Historic Times . وللتدليل على النشاط البركانى، قسمت البراكين إلى ثلاثة أنواع: نشيـطة، وهاجعة وهامـدة. والبراكين النشـيطة هى التى تثور بصـفة مستمرة أو تثور على فترات. ويسمى البركان غير النشيط الآن، لكنه كان يثور فى الألف سنة الماضيـة أو ما قارب ذلك، يـسمى، بركانا هاجـعا dormant. وهناك أمثلة كثيرة من هذا النوع مثل بركان فيزوف Vesuvius والذى ثار ثورانا عنيفا بعد قرون عديدة من عدم الثوران والخمول.

وبركان فيزوف الذى يقع بالقرب من مدينة نابولى فى جنوب إيطاليا، ترجع شهرته الكبيرة عندما ثار ثورانا رهيبـا عام ٧٩ الميـلادى ودفـن مدينتيـن رومانيتيـن

همـا: بومبى Pompeii وهيركيولانيم Herculaneum كذلك كان له ثوران عظيم آخر فى عام ١٩٠٦ أنقص ارتفاع جبل البركان مئات عديدة من الأقدام.

أمـا البركـان الهامـد فـهو الذى لم يـستـدل على ثورانـه خـلال الأزمنة التاريخـية، أى فى خلال الأربعة آلاف سنـة أو الخمسة آلاف سنة الأخـيرة. لكن الطبيعة تميل إلى تجاهل التقسيمات التـى يضعها الإنسان للبراكين المنقرضة. إذ إنها قد تطور نفسها، فهناك براكين هامدة انبعث فـيها النشاط وعدلت من طبيعتها دون أى إنذار فانضمت بذلك إلى نوعية البراكين النشيطة، ومثال ذلك بركان قمة لاسن Lassen Peak فى شمال كاليفورنيا، الذى ثار عام ١٩١٤ بعد مائتى (٢٠٠) عام من الهمـود. وخلال فتـرة ثورانه خرجت من فـوهة البركان أبخـرة ورماد وارتفع عمود من البـخار إلى نحو عشـرة آلاف قدم فوق قمة الجـبل. وهذا النشاط الذى كان غيـر متوقع، يعتـقد أنه كان نتيـجة لزلزال ألاسكا العظيم وزلـزال كاليـفورنيا اللذين ضربا المنطقة عام ١٩١٤. وقمة البـركان التى تعرف أيضا باسم جبل لاسن Mount Lassen ، تحاط بانسـيابات لابية. وفى هذه المنـطقة يمكن مشـاهدة أمثلة رائعة للصخور البركانية والعيون الحارة وأوعية الطين والأنشطة الأخرى التى تسببها عمليـات البركنـة volconism. وتعرف أوعـية الطين، mud pots بأنها نوع من العيون الحارة تتكون من حفـر ضحلة تمتلئ بالطين الحار الذى يكون عادة فى حالة غليان وبه كـميـة قليلة جدا من الماء. ويذكـر علماء البـراكيـن أن البراكيـن التى تتحـات (تحدث لها عملية تحات erosion) حتى يصل ارتفاعها إلى مـستوى غرفة الصهارة تصنف تحت اسم البراكين المنقرضة حقيقة.

٧- النواتج البركانية Volcanic Products

عندمـا تثور البراكين، فإنها تقذف تشكيلة كبيرة من المواد تتردد بين الغازات إلى الكسر الصخرية الكبيرة.

• الغازات Gases

تتكون الغازات التى تتصـاعد من البراكين من بخار الماء بدرجـة كبيرة، مع كميات متفاوتة من غاز ثانى أكسيد الكربون وكبريتيد الهدروچين والكلور. وخلال عمليـات الثوران البركـانى قد تختلط الغـازات الهاربة بكميـات كبيرة من الغـبار

البـركانى وترتفع من الفـوهة البـركانيـة على هيئـة سـحب عظيمـة دكناء يمكن مشاهدتها من مسافة أميال كثيرة.

• **السوائل Liquids**

السوائل التى تنتجها البراكين هى اللابات، وهى كـميات عظيمة من صخور منصهرة إلى درجة البـياض. وتخرج اللابة من الفوهة البركانيـة، لكنها قد تخرج من جوانب المخروط البركانى لتهرب عن طريق الكسور والشقوق التى تتكون على طول مناطق ضعف الصخور. وليـست كل اللابات متشابهة فى صفاتها الـفيزيقية أو فى تركيبها الكيميائى. وقـد تستنتج هذه الصفات من خلال الطريقة التى تخرج بها المواد البركانية. ويؤثر التركيب الكيـميائى للابة على لزوجتها والتى سوف تؤثر بالتالى على معدل انسيابها والمسافة التى تقطعها لتنساب خلالها.

كذلك فـإن التركيـب الكيميائى للابة يؤثر إلى حد كبير على شكل المخروط البركانى ويكون له تأثير أيضا على البنية السطحـية للصخور المتكونة حينما تتصلب الصخور المنصهرة. ونظـرا لتباين خصائص اللابات، فـقد قسمها علماء الجيولوجيا إلى: لابة حمضية ولابة قاعدية، ولابة متوسطة.

وتتميـز اللابـة الحمضيـة بمحتواهـا العالـى من السليكا (٦٥- ٧٥ ٪) وعادة ما تكون لزجة جدا ومتفجرة غالبا.

أما اللابة القاعدية فيكون محتواها من السليكا قليلا (أقل من ٥٠ ٪) وهى أقل لزوجة وليـست متفجـرة كما هو الحال فى اللابة الحـمضية حـيث إن الغازات الذائبة تهرب بسهولة من اللابة الأكثر سيولة.

أما اللابة المتوسطة فهى التى تقع بين اللابة الحمـضية واللابة القاعدية. وفى الظروف النموذجية، تحتوى اللابة المتوسطة على نسبة من السليكا تتردد بين ٥٠ ٪ و ٦٠ ٪ وينعكس تركـيب اللابة والطريقة التى تتـبرد بهـا وتتصلب على البـنيات السطحية للصـخر. فحينما تنساب اللابة على سطح الأرض، فـإنها تبرد ويحدث نقصان فى الضـغط، مما يسمح بهروب الغازات التى كـانت محبوسة فـيها. وهذه الغازات الهاربة تنتج فقـاعات فتترك فراغات عندمـا تتصلب اللابة. وتـسمى اللابة المتصلبة من الرماد والتى تحتوى عـددا كبيرا من الفجوات باسم سكوريا scoria

ويســـمى سطح اللابة المغـطى بكتل زاوية من الـسكوريا aa (Ah -ah). واللابة المتصلبـة التى لها سطح ناعـم ملتف مثـل الحبـل تسمى Pahoehoe (باهوهى)، وتنـطق هكذا: (pah-HOE-ay-HOE-ay) هذه المصطلحات الغـريبة على السمع، نشأ اسـتعمالهـا فى جزر هاواى. حيـث توجـد هناك هـذه الأشكـال من اللابـة وتوجـد فى أجـزاء مختلفـة من بريطانيا «اللابة الـوسائدية» (pillow Iavas) التى تكونت من ألواح اللابة التـى طفحت من البراكين التى تثـور مـن تحت الماء.

وحينما يتـقابل الماء البارد مع اللابة الساخنة الدوارة، فإن سطحـها يتصلب وبالتالى فـإن معـدل الانسياب يتـوقف عن الازدياد وعليه، فـإن اللابة تدخل فى الشقوق وتتصلب متخذة شكل الوسائد لتكون أكواما منها. وهـذه الأشكال توجـد فى شمـــال ويلز ويرجع عمـرها إلى (الأردوفيشـى)، وحتى اليوم لا تزال أمـثلة مشابهة تتكون من البراكين التى تثور من تحت الماء.

• المواد الصلبة Solids

يختلف حجم المواد الصلبة التى تقذفها البراكين، فقد تكون دقيقة مثل الغبار أو قد تكون كتلا ضـخمة من الصخور تزن أطنانا عديدة. وتـسمى هذه المقذوفات الصلبة باسم الفتـاتيات البركانيـة pyroclastics وتشتمـل على المقذوفات (القنابل البركانية)؛ وهى أجـسام مكورة تتكون بالتبريد السريع للابة المنصـهرة حينما تدفع فى الهواء لتتصلب (انظر شكل ٢٨) أما الكســر الكبيرة الزاوية الشكل التى تقذفها البراكين فتسمى الكتل البركانيـة volcanic blocks وأما الكتل الصغيرة (فى حجم الحصوات) فتـسمى لوبيات lapelli. وقد تنتج كمـيات كبيرة من الحـجر والرماد البركانى نتيجة لتصلب الجسيمات الصغيرة من اللابة بعد أن تقذف فى الهواء.

٨- الثوران البركانى Volcanic Eruption

ينقسم الثوران البركانى إلى ثوران مركزى central eruption وثوران شقوق fissure eruption:

أ- الثوران المركزى Central Eruption

فى الثوران المركزى تندلع المواد البركانية خلال طريق واحد هو قصبة البركان التى تفتـح فى فوهته عند قـمة الجبل الـبركانى. وعـادة تبنى المواد البركـانية التى

دفعت فى هذه الحالة، مخروطا يتكون من اللابة، ورماد متصلب أو طبقات متبادلة من كليهما.

وقد يكون الثوران فى هذا النوع متفجرا أو هادئا، وهذا يعتمد على الخصائص الكيميائية والفيزيقية للابة، فإذا كانت اللابة المقذوفة حمضية التركيب، فإنها تميل إلى أن تكون أكثر تفجرا، بينما تنساب اللابة القاعدية عادة بهدوء أكثر نسبيا.

ب- ثوران الشقوق Fissure Eruption

يحدث هذا النوع من الثوران البركانى عندما تخرج كميات كبيرة من اللابة خلال شق أو مجموعة من الشقوق فى القشرة الأرضية. وهذا النوع من الثوران البركانى قد يغطى مساحات شاسعة، ويعتقد أنه المسئول عن تكون سهول اللابة الكبيرة وهضاب البازلت فى العالم. ومن الجدير بالذكر أن معظم السهول اللابية تكونت فى أزمنة ما قبل التاريخ، وأن النشاط البركانى ما عاد موجودا بالقرب من الانسيابات اللابية. ومن الجدير بالذكر أن ثوران الشقوق الوحيد الذى حدث فى العصور الحديثة وقع فى عام ١٧٨٣ حينما تدفق انسياب لابى على طول شق عظيم بالقرب من جبل سكابتا Mount Skapta، ويعرف باسم شق لاكى Laki Fissure ، وغطى مساحة قدرها ٢١٨ ميلا مربعا (٥٧٠ كيلو مترا مربعا).

ومع ذلك فهناك أدلة كثيرة تؤيد أن هناك ثورانات شقوقية حدثت فى أوقات كثيرة خلال الماضى الجيولوجى. وينتج عن خروج اللابة من الشقوق حجوم هائلة من اللابة تشاهد فى صورة ألواح أكثر اتساعا من تلك التى تخرج من المخروط المركزى وتغطى مساحات شاسعة. ومن أمثلة نواتج الثوران اللابى من الشقوق الانسيابات اللابية التابعة للدور الثالث Tertiary فى بريطانيا وأيسلندا وكذلك الانسياب البازلتى الهندى العظيم.

٩- أنماط البراكين Types of Volcanoes

أحد أشهر التقسيمات التى وضعت لتصنيف البراكين يميز منها أربعة أقسام أساسية هى: بلِّية Pelean، وفلكانية Vulkanian ، وسترمبولية Strombolian، وهاواية Hawaiian.

• البراكين البلية Pelean Volcanoes

هذا النوع من البراكين هو المتفجر Explosive ، ويثور بانفجار عنيف وتخرج منه كميات كبيرة من الغاز والرماد البركانى والغبار والكسر الصخرية الكبيرة. ويعتقد أن هذا النوع من الثوران يحدث فى البراكين التى تكون أعناقها قد سُدَّت بالصهارة المتصلبة. وتنشأ عن الغازات المتراكمة فى غرف الصهير ضغوط عظيمة تكفى لقذف هذه السدادة المكونة من الصهارة المتصلبة، وانفجار أجزاء كبيرة من الجبل. ويصاحب هذا النوع من الثوران البركانى سحب مدمرة من الغازات البركانية والرماد، وهو من أشد أنواع البراكين المدمرة التى تسبب كوارث للإنسان. مثال ذلك، البركان الذى ثار عام ١٩٠٢ عند جبل بلية Mount Pelee فى جزر المارتينيك فى غرب الإنديز - وبعض ثورانات أخرى حدثت فى عام ١٧٦٢ وعام ١٨٥١ لم يظهر البركان أية علامات لنشاطه وظن العلماء أنه أصبح هاجعا Dormant ، لكنه عاد وثار عام ١٩٠٢ بهذه الدرجة العنيفة، لدرجة أن قمة الجبل طارت فى الهواء. وتبع هذا الثوران ظهور سحابة ضخمة سوداء من الغازات الساخنة والغبار الذى تساقط على مدينة سانت بيير St . Piere وأدى إلى هلاك ثلاثين ألف نسمة تقريبا.

• البراكين الفلكانية Vulcanian Volcanoes

يتميز البركان الفلكانى بلابة لزجة جدا تتصلب بسرعة بعد خروجها وعند ملامستها للهواء. ويتصلب سطح اللابة فى فوهة البركان بين فترات توقف الثوران، والثوران الذى يحدث بعد ذلك تتكرر معه نفس العملية. وهذا النوع من الثوران البركانى تنتج عنه كميات كبيرة من الرماد البركانى واللابة وسحب كثيفة كبيرة من الغبار والغازات.

ويشتهر بركان فيزوف Vesuvius فى إيطاليا بعدد كبير من الثورانات التى تتبعها فترات من الهدوء، وهو خير مثال على البراكين الفلكانية.

• البراكين الاسترومبولية Strombolian Volconoes

هذا النوع من البراكين يكون دائم النشاط مع وجود الغازات المتصاعدة بصفة دائمة، على العكس من البراكين النموذجية التى تثور على فترات متبادلة مع

فتـرات هدوء. وجزيرة سترومبولى وهى إحدى جزر مجموعة ليبارى Lipari Group فى البحر المتوسط، بعيدا عن الشاطئ الشمالى لجزيرة صقلية تعد المثال الكلاسيكى لهـذا النموذج من البراكين. وهذا النوع من البراكين نشيط باستمرار وتندلع منه المواد عند ثورانه بفاصل زمنى يتردد بين دقائق معدودة وساعة تقريبا بين كل ثوران وآخر. ويصاحب الثوران البركانى فى هذا النوع، تصاعد لابة لزجة وكميات كبيرة من الفتاتيات البركانية. وتصنف أنواع البراكين الاسترومبولية والفلكانية على أنها من البراكين المتوسطة Intermediate Volcanoes.

• البراكين الهاوايية Hawaiian Volcanoes

براكين هاواى أو البراكين الهادئة، تتميز بلابة أقل لزوجة تسمح بهروب الغازات فى حدود درجة ضعيفة جدا من الشدة الانفجارية، وتخرج اللابة أساسا من فوهة البركان إلى جانب خروج بعضها من خلال شقوق على جوانب الجبل. ويصاحب خروج اللابة انفجارات ضعيفة نتيجة للغازات المنبعثة، والتى قد تخفف اللابة إلى رغوة لابية تتصلب فيما بعد إلى سكوريا Scoria. وربما يكون بركان ماونالوا Maunaloa فى جزر هاواى هو أحسن مثال لهـذا النوع من البراكين، ويرتفع جبله البركانى إلى ١٣٦٨٠ قدما فوق منسوب سطح البحر، وفوهته البيضية الشكل يبلغ محيطها خمسة أميال، وحوائط هذه الفوهة العظيمة رأسية تقريبا ويعتقد أن عمقها ١٠٠٠ قدم.

١٠- أشكال سطح الأرض الناتجة عن النشاط البركانى

Land Forms Produced by Volcanic Activity

تنتج عن النشاط البركانى وخروج اللابة أربعة أنماط من أشكال سطح الأرض هى: بازلت الهضاب (سهول اللابة)، والجبال البركانية، والفوهات البركانية، والكالديرا.

• بازلت الهضاب أو سهول اللابة Lava Plains:

تتكون هذه الأشكال حينما تتسرب فيضانات من اللابة عبر الشقوق وتنساب مشكلة طبقات لوحية الشكل فوق سطح الأرض. وأكبر ثلاثة من بازلت الهضاب

هى هضبة نهر كولومبيا Columbia River Plateau وتغطى حوالى ٢٠٠ ألف ميل مربع (٥٢٠ ألف كيلو متر مربع) طولا ويبلغ سمكها حوالى الميل، وهضبة الدكان فى الهند، هضبة بارانا Parana فى أمريكا الجنوبية.

• الجبال البركانية Volcanic Mountains

تتكون هذه الجبال من مواد بركانية من نوع الثوران المركزى وتقسم إلى: مخاريط انفجارية Explosive Cones (أو مخاريط جمرية)، ومخاريط مركبة composite cones (أو طبقية بركانية strato - volcanic)، وقباب لابية Lava domes (أو البراكين الدرعية shield volcanoes).

• المخاريط الانفجارية Explosive Cones:

هذه المخاريط تتكون فقط بالثوران الانفجارى، وتتركب من طبقات متتابعة مطوية بشدة من الفتاتيات البركانية تتوضع حول مركز الفوهة البركانية، والمخروط البركانى فى هذا النوع نادرا ما يتعدى ١٠٠٠ قدم فى الارتفاع وينتج غالبا عن انفجار بركانى واحد.

• المخاريط المركبة Composite Cones

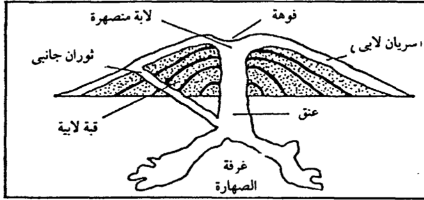
هذه براكين شديدة الانحدار وتتكون من ألواح متبادلة من اللابة والمواد البركانية الفتاتية، وتأخذ شكل الجبل المخروطى ذى الجوانب المقعرة، وقد يبلغ ارتفاع الجبل المخروطى ١٢ ألف قدم.

ويعد وجود التتابع الطبقى من اللابة والبركانيات الفتاتية دليلا على وجود فترات سكون تفصل بين فترات ثوران للبركان. ومن أشهر أنواع البراكين المخروطية المركبة أو البراكين الطبقية strato - volcanoes بركان فيزوف فى إيطاليا، وكذلك بركان فوجى ياما Fujiyama فى اليابان، وبركان مونت رانير Mount Rainier فى واشنطن، وبركان كلمنجارو فى تنزانيا.

• قباب اللابة Lava Domes

قباب بركانية عريضة لها ميل بسيط، وتتميز بأن لها أسطح علوية دائرية ومحدبة (شكل ٢٩) ومن هنا كانت تسميتها بالبراكين الدرعية shield. ويتكون

هذا النوع من الجبال البـركانية من عدد كبيـر من انسيابات اللابة البازلتية المتراكمة والتى نشأت عن قصبة بركانية مركزية أو من انسياب مـن جوانـب الجبـل البركانى خلال الشقوق. وتعد براكين جزر هاواى العظيمة خير أمثلة على هذا النوع.



شكل (٣٩)

قبة اللابا او البركان الدرعى

•فوهة البركان Volcanic Crater :

هى منخفضات قمعية الشكل توجد عند قمم الجبال البركانية ويحدث ثوران البركان من خلالها. وتنتج معظم الفوهات البركـانية نتيجة لانفجار بركانى نشيط. ولا يزيد قطرها فى الغالب عـن ميل واحد ولا يزيد عمـقها على مـئات قليلة من الأقدام.

•الكالديرات Calderas:

هى منخـفضات حـوضيـة الشكل ودائرية تقـريبا توجد فـى قمم البـراكين وتكـون أكبر مـن الفوهـات (craters)، ويوجـد من الكالديرا نوعان: **النوع الأول** يتكون نتيجة للنشاط الـبركانى الانفجارى، أما النوع الثانى فيتكون نتـيجة للانهيار والهبوط.

وتتكون الكالديرا الناتجة عن الانفجار بسبب انفجار بركانى عنيف يزيح معه كمـية كبيـرة مـن الصـخور. أما الكالديرا التى تنتج عن الانهـيار والهبوط فـتنشأ عندما تنهار الأجزاء العلوية للبركان بسـبب الانسحاب المفاجئ للصهارة التى كانت

تدعـمهـا وتسندها. وهناك بعض أنواع من الكالديرا يعـتقـد أنها تكونت نـتيـجة للانفـجار والانهيـار معـا، مثـال ذلك بحيرة الـفوهة crater lake في أوريجون بالولايات المتحدة الأميـركية، والتي تشغل كالديرا عظيمة ويعـتقد أنها تكونت عن انهيار بركان مـنقرض حاليا. وقد تمتلئ الكالديرا بالماء الذي قد يغـطي مساحة ٢٠ ميلا مربعا تقريبا، وقـد يصل عمقه إلى ٢٠٠٠ قدم. وجزيرة ويزارد Wizard Island هي مخـروط بركاني جـمري صـغير يـرتفع حوالي ٨٠٠ قدم فـوق سطح البحيـرة. وهذا المخروط تكون نتيجـة للثوران البركاني الـذي حطـم قـمـة بركان مونت مازاما (Mount Mazama).

١١- مصادر الحرارة البركانية Sources of Volcanic Heat

بالرغـم من أن السبـب المحـدد للـبركنـة ما زال غيـر معـروف بالتـحديـد، إلا أن مـحـاولات عـديـدة بذلـت لشـرح ذلك الأمر. ومن أكـثـر الآراء قـبـولا لـدى العلمـاء نظريـة انطـلاق الضغـط pressure release theory، وكذلك نظرية الحـرارة الاحـتـكاكـيـة frictional heat وأيضـا نـظرية النشـاط الإشـعـاعي radioactivity theory.

• نظرية انطلاق الضغط Pressure Release Theory

تفـتـرض هذه النـظريـة أنه كلمـا ازداد الـعـمق في باطن الأرض، ازدادت درجـة الحـرارة، وبالتـالـي فـإن الصخـور المدفونة عنـد أعمـاق بعيـدة عن سطح الأرض تكون في حالة سائلة. ومع ذلك فإن هذه الصـخور الموجودة في الأعماق تكون واقعة تحت ضغوط هائلة، وعليـه فسـوف تكـون موجـودة في حالة صلبة، ما عـدا تلك الصخور الموجـودة فـي أماكن الكسور في القـشرة الأرضيـة، حيث يؤدي نقصان الضغـط الواقع على هذه الصخور أن توجد في الحالة السائلة.

• نظرية الحرارة الاحتكاكية أو نظرية التضاغط

Frictional Heat Or Compression Theory

تفـترض هذه النظرية أن الحـرارة تتـولد من الاحتكاك الذي يحـدث خـلال تحرف القشرة الأرضية (انظر الفـصل الخامس) وتقوم هذه النظرية على أساس قرب

المناطق ذات النشاط البركانى من الأقاليم التى يحدث فيها تحرف قشرى حديث نسبيا.

• نظرية النشاط الإشعاعى **The Radioactivity Theory**

تفترض هذه النظرية أن التركيز المحلى للمواد المشعة يكون له القدرة على توليد حرارة كافية لصهر كميات كبيرة من الصخور اللازمة للنشاط البركانى.

١٢- الداخنات والعيون الساخنة والحمات

Fumaroles , Hot Springs and Geysers:

فى كثير من المناطق البركانية أو مناطق النشاط النارى توجد شواهد من الغازات البركانية والأبخرة أو المياه الساخنة الهاربة من الأرض. وفيما يلى شرح لبعض هذه الظواهر:

• الداخنات **Fumaroles**

هذه شقوق فى سطح الأرض أو فتحات فى شكل الأعناق تخرج من خلالها الأبخرة والغازات. وتتصاعد الأبخرة من داخنات معينة فى إيطاليا بكميات كافية لتدير مولدات توربينية كهربائية. وتتميز بعض الداخنات بخروج كميات كبيرة من الأبخرة الكبريتية وهذه تسمى المكبرتات solfataras.

• الينابيع الساخنة **Hot Springs**

تتكون الينابيع الساخنة عندما تسخن المياه الأرضية بواسطة كتل كبيرة من الصهارة توجد بالقرب من سطح الأرض ومن أمثلتها تلك الموجودة فى منطقة «باث» بجنوب إنجلترا ومناطق أخرى. كذلك توجد الينابيع الساخنة فى أماكن أخرى من العالم، مثل تلك الموجودة فى منطقة واكا إواريوا Whakarewarewa فى نيوزيلندا، حيث كان السكان الأصليون يستخدمونها منذ قرون كمواقد طهى طبيعية.

• الحمَّات **Geysers**

هى نوع خاص من العيون الساخنة، يثور منها عمود من البخار والمياه الساخنة على فترات متقطعة. وتتكون الحمات فى مناطق تكون درجة حرارة

الأرض فيها مرتفعة بشكل ملحوظ، حيث توجد شقوق طويلة فى صخور المنطقة. وعندما يسخن الماء الأرضى عند قيعان هذه الشقوق إلى درجة حرارة أعلى من درجة غليان الماء (١٠٠ْ) فإن الماء الموجود فى القاع يصبح فوق مسخن بفعل الضغط الموجود عند هذه الأعماق. وعندما يتمدد الماء الموجود فى هذه الأعماق فإنه يجعل جزءا من الماء الذى يعلوه ينساب على السطح. هذا الانسياب يقلل الضغط إلى حد يجعل الماء فوق المسخن يندفع بشدة فى صورة بخار وعلى هيئة انفجار، قاذفا عمودا من الماء فى الهواء باندفاع شديد. وهناك بعض الحمّات مثل المخلص القديم فى متنزه الحجر الأصفر Old Faithful in Yellowstone National Park فى أميركا، حيث تثور بانتظام بدرجة مثيرة للدهشة. وترجع شهرة هذه المنطقة إلى وجود مئات الحمّات النشيطة وحوالى ٣٠٠٠ عين ساخنة لكنها ليست متدفقة كالحمّات. وهناك مناطق أخرى تشتهر بوجود الحمات مثل ايسلندا ونيوزيلندا واليابان.

١٣-النشاط البركانى الحديث Recent Volcanic Activity

فى عام ١٨٨٣ م وبعد ٢٠٠ عام من الخمود البركانى، ثار بركان كراكاتوا Krakatoa الذى يقع فى منطقة برزخ سوندا Sunda Strait بين جاوة وسومطرة فى أندونيسيا لينتج عنه أكبر انفجار بركانى عرفه التاريخ. ولقد ألقى هذا الانفجار بالحطام أميالا كثيرة فى الهواء. وانتشر الرماد البركانى المتساقط فوق ٣٠٠ ألف ميل مربع (٨٠٠ ألف كيلو متر مربع). وفى خلال خمسة عشر يوما غطى الرماد والغبار البركانى الناتج عن الانفجار سطح الأرض تماما. وكان هذا النشاط البركانى العنيف الذى سببه بركان كراكاتوا هو المسئول عن أمواج المد والجزر الرهيبة، والتى بلغ ارتفاع الواحدة منها ١٠٠ قدم، دمرت بسببها مئات القرى، وبلغ الغرقى ٣٦ ألف شخص.

وبركان باريكتين Paricutin هو أحدث البراكين وأكثرها شهرة وهو الذى أمدنا بكثير من المعلومات عن مولد البركان وتطوره وموته. ويقع هذا البركان على مسافة ٢٠٠ ميل غرب مكسيكوسيتى. وكانت أول إشارة لنشاطه قد بدأت فى شهر فبراير عام ١٩٤٣حينما حدثت انفجارات رهيبة وتدفقت الانسيابات اللابية والفتاتيات البركانية.

وبنهاية الأسبوع الأول من ثوران هذا البركان تكون مخروط بركانى بلغ ارتفاعه ٣٥٠ قدما وبلغ ارتفاع هذا المخروط البركانى ١٤٠٠ قدم فى العام الأول، وتوقف الثوران عام ١٩٥٢ ويبدو بركان باريكتين الآن فى صورة ميتة. ولعل أعظم الثورانات البركانية فى هذا القرن هى التى حدثت فى شهر مارس ١٩٥٦ فى شبه جزيرة كامشاتكا على الحدود الشرقية القصوى للاتحاد السوفيتى (سابقا). وكان النشاط البركانى قد بدأ مرة أخرى قبل ذلك بستة أشهر وتمكن فريق من العلماء الروس الذين ذهبوا إلى المنطقة من ملاحظة الأحداث المهمة التى تبعت ذلك النشاط البركانى وتوثيقها. ويبدو أنه كلما طالت مدة هجوع البركان، فإن الانفجار الذى يحدث - لو ثار البركان - بعد فترة السكون يكون عظيما جدا ومروعا. كانت منطقة شبه جزيرة كامشاتكا «هاجعة» أو نائمة بركانيا لفترة ٥٠٠٠ عام على الأقل، لذلك قذف الانفجار الرهيب بمواد ذات أبعاد عملاقة وغازات متصاعدة وركام تساقط بكثافة كبيرة (يمكن أن يغطى مدينة فى حجم مدينة برمنجهام بطبقة سمكها خمسون قدما) وكان هذا الركام قبل أن يتساقط قد قذف فى الهواء لارتفاع ١٠٠ ألف قدم .

وكان جزء من فريق العلماء قد أقاموا معسكرهم على بعد أميال قليلة من الفوهة البركانية، فأفزعتهم الأصوات الرهيبة وكانت الأرض تهتز من تحتهم. وفى هذا الوقت بلغ قطر الفوهة البركانية ٨٠٠ قدم. وعندما توقف البركان عن الثوران بلغ قطر الفوهة ٥٠٠٠ قدم. وكان هناك جزء آخر من الفريق يعسكر على مسافة ٢٥ ميلا من الفوهة البركانية فتعرض لتساقط الرماد البركانى على هيئة مطر وابل (shower) غطى الجليد بسمك بوصات عديدة. وانتشرت سحب الغبار البركانى وسقط الرماد الدقيق حول القطب الشمالى. وشوهدت سحابة صغيرة من الرماد البركانى فوق بريطانيا بعد أربعة أيام من حدوث الانفجار البركانى.

الأمثلة التى ذكرناها هى مجرد ثلاثة من ثورانات بركانية كثيرة ومثيرة حدثت وسجلت. والقائمة الموجودة فى نهاية هذا الكتاب عن مراجع الاستزادة تزود بتفاصيل أخرى عن الأنشطة البركانية الشهيرة.

وعندما وصـفنا اللابات الوسائدية Pillow Lavas كان حديثنا مـنصبا عن البراكـين تحت البحرية التى تشـور غالبا عنـد أعماق بعيـدة، وهذه لا تشكل نفس المظاهر التى تخلفها البراكين التى تحدث على سطح الأرض. ولكن فى عام ١٩٥٧ حدث مثال فى جزر أزور Azores حيث عمق البحر ٣٠٠ قدم فقط، شاهد أحد النـاس بواسطة منظاره المكبر Binocular ، فقاعـات غريبة فى البحر وسـرعان ما تحول البحر إلى لـون أصـفر قذر، نتيجة لتسرب الغـازات من البركان الثائر. وفى خلال ساعات قليلة أصبح البحر فى هذه المنطقة فى حالة غليان وتصاعد فى الهواء عمود من البخار. وكان حجر النشف الذى قـذفه البركان خفيفا فطفى على سطح الماء فى صورة كتل بنية اللون. وفى خلال أسـبوع أو أسبوعين، كانت المواد التى قذفت من البركان قد بنت جزيرة زاد ارتفاعها على ٣٠٠ قدم، وبلغ قطرها ٢,٥ ميل، ولم تستمـر طويلا كجزيرة، حيث اتصلت بما يجاورها من البـر بشبه جزيرة من الركام الذى بلغ عرضـه ميلا وهذا على النقيض مما حدث فى ثوران كـمشاتكا Kamchatka الصـاخب فـقد حـدث كل هذا فى هدوء وسـكون إذ كتم البـحـر الضوضاء وهناك حالات مـشابهة من الجزر التى تبرز فجأة أحيـانا مما يجعلها مادة للعناوين الرئيسية فى الصحف.

الفصل الرابع

الصخور الرسوبية

SEDIMENTARY ROCKS

تتأثر الصخور المنكشفة على سطح الأرض بشكل خاص بعوامل التحات، فتؤثر فيها العوامل الكيميائية أو تتحطم ميكانيكيا بالدحرجة على أرضية مجرى مائى مثلا. وفتات هذه الصخور قد تتجمع وتنقل بواسطة الرياح والمياه والجليد. وعندما يتلاشى عامل النقل فإنها تتوضع ويشار إليها عموما بأنها رواسب. وتتوضع الرواسب نموذجيا فى سطائح تسمى «طبقات».

وحينما تتماسك الرواسب وتلتحم مكوناتها (وهذه عملية تسمى التحجر)، فإنها تكون الصخور الرسوبية sedimentary rocks. وهذه الصخور التى تمثلها النماذج الشائعة مثل الحجر الرملى والطفلة والحجر الجيرى تكون حوالى ٧٥ ٪ من الصخور المنكشفة على سطح الأرض . ومعظم أنواع هذه الصخور تتكون فى ظروف بحرية، أو على الأقل يرتبط تكوينها بالماء بطريقة أو بأخرى.

وتصنف الصخور الرسوبية عادة فى قسمين هما: الصخور الفتاتية clastic والصخور الكيميائية chemical، وذلك بحسب مصدر المادة الصخرية التى تتكون منها والطريقة التى تكون بها الصخر.

١- الصخور الرسوبية الفتاتية Clastic Sedimentary Rocks

تتكون الصخور الرسوبية الفتاتية من كسارة صخرية تنتج عن تحلل أو تفكك الصخور النارية أو الرسوبية أو المتحولة. والصخور المتكونة عن بلى

وتفكك صخور كانت موجودة من قبل تسمى الصخور الحتاتية detrital أو الكسارية fragmental. ونظرا لأن الرسوبيات التى تكونت منها هذه الصخور كانت قد نقلت بواسطة عوامل نقل ميكانيكية مثل الماء والرياح أو الجليد، فإن هذه الرسوبيات يطلق عليها اسم الرسوبيات الميكانيكية.

جدول رقم (٢): تصنيف الصخور الفتاتية

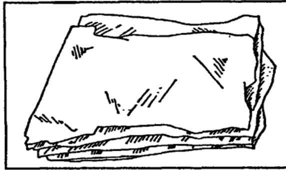
(مستديرة، وشبه مستديرة، وشبه زاوية)

الحجم size	الكسرة fragment	التجمع aggregate
اكبر من ٢٥٦ مم	جلمود boulder	جرول جلمودى - كونجلوميرات جلمودى.
٢٥٦-٦٤ مم	حصاة cobble	جرول فهرى.
٦٤ -٤ مم	حصباء pebble	جرول حصبائى - كونجلوميرات حصبائى.
٤ -٢ مم	حبيبة granule	رمل حبيبى.
٢- $\frac{1}{16}$ مم	حجم الرمل sand	رمل وحجر رملى (صخور رملية).
$\frac{1}{16}$ - $\frac{1}{256}$ مم	حجم الغرين silt	غرين وصخر الغرين (صخور طينية).
اقل من $\frac{1}{256}$ مم	حجم الصلصال clay	صلصال وطفلة

وتتكون الصخور الرسوبية الفتاتية من جسيمات صخرية لها حجوم مختلفة. وسوف نستخدم اصطلاح (رملى arenaceous) للصخور الفتاتية التى لها حجم حبيبى يقع بين (٢ مم و $\frac{1}{16}$ مم)، وكذلك اصطلاح طينى argillaceous؛ clay-ey) للصخور ذات الحبيبات التى يقل حجمها عن $\frac{1}{256}$ مم. ويوضح جدول رقم (٢) أمدية الحجوم التى لاقت قبولا كبيرا للمواد التى تتكون منها الصخور الرسوبية الفتاتية. وفيما يلى وصف لبعض أنواع الصخور الرسوبية الفتاتية الأكثر شيوعا:

•الطفلة Shale

أكثر أنواع الصخور الرسوبيـة شيوعا. وتتكون الطفلة من الغرين والصلصال اللذين يتصلبـان على هيئة صخـر متماسـك. وتتميز الطفلة بأنهـا دقيقة التـحبب مترققة وتنفصل (تتورق) بسهولة عبر مستويات التطبق (أى مستويات التقسيـم التـى تفصـــل الطبيقـات المـفـردة فى طبقـات الصـخـور الرسـوبيـة) (شكل ٣٠). وإذا احـتـوت الطفلـة على كـمـيـة لا بـأس بهـــا من الرمـل سـمـيت طفـلة رمليـة arenaceous shale، والطفلة التى تحتوى على كمية من المواد العضوية تسمى طفلة كربونية، وهى ذات لون أسـود تماما بسبب ما تحتويه من مـواد عضوية. كذلك إذا احتـوت الطفلة على مواد جيـرية، تسمى طفلة جـيرية calcareous وقد ينتج من الطفلة الكربونية carbonaceous shale البتـرول أو الفحم. وتسـتخـدم الطفلة الجيرية فى صناعـة الأسمنت البورتلندى. وطفلة الزيت oil shale التى توجد فى وسط اسكتلنـدا لونها أسود عادة بسبب وجود المواد العـضوية فيها، والتى تشتمل على مواد هيدروكربونية وبالرغم من إمكانية الحصول على البترول من طفلة الزيت oil shale ، إلا أن هذه العملية ليست اقتصادية. وفى خلال الحرب العالمية الثانية، كانت مصادر الزيت فى اسكتلندا تستـخرج من طفلة الزيت، حيث أمكن الحصول على ٢٥ جالونا من البترول من كل طن من الطفلة.



شكل (٣٠)
طَفْلة توضح مستويات تطبق

من أنواع الصخور الطينية الأخرى، الطيـن الحـرارى fire - clay وهو راسب خفـيف رمادى اللـون غنى بالألومينا، يوجـد عادة مع الفـحم ويختلط مع بقـايا

الجذور الصغيرة الكربونية، وأهم استخدام الطين الحرارى هو بناء الأفران اللافحة. ويحتوى الصلصال الصينى china clay على معدن الكاولينيت؛ الذى يتكون من تحلل معادن الفلسبار فى صخور الجرانيت، ويستخدم فى صناعة الخزفيات والسيراميكيات. والصلصال الصينى لونه أبيض ويوجد بصفة أساسية فى منطقة كورنوول Cornwall بإنجلترا. ويستخدم الصلصال clay فى صناعة قوالب الطوب بخلطه مع الرمل وأكاسيد الحديد، ومن هنا تأخذ لونها الأحمر. وطفلة الشب alum shale توجد فى يوركشير بإنجلترا واستخدمت من قبل مصدرا للشب الذى يستخدم فى صناعة الأصباغ والورق. كذلك تراب القصار fuller 's earth هو نوع آخر من الصخور الطينية يستخدم فى تنقية الزيوت والدهون نظرا لقدرته على الامتصاص.

• الحجر الرملى Sandstone

يتكون الحجر الرملى أساسا من حبيبات من الرمل ملتحمة مع بعضها البعض، ويتميز الحجر الرملى بأن له نسيجا حبيبيا، وهو ثانى الصخور الرسوبية شيوعا فى الأرض. وبالإضافة إلى معدن الكوارتز، فقد يحتوى الحجر الرملى على حبيبات من حجم الرمل (٢- ٠,٠٦٢٥ مم) من معادن الكالسيت والجبس وأكاسيد حديد مختلفة. وصخر الأركوز arkose هو حجر رملى يحتوى على نسبة عالية من الفلسبار، وهذا المعدن (الفلسبار) الذى يستمد دائما من الصخور الجرانيتية، يتحلل بسهولة فى الظروف الرطبة، ولذلك فإن وجوده يعد دليلا على الترسيب السريع أو دليلا على ظروف صحراوية سائدة وقت تكون الصخر.

• الجريت (حجر الطاحون) Grit

يحتوى حجر الطاحون على بعض الفلسبار أيضا، ويتكون عادة فى الدلتات القديمة، ويعد حجر الطاحون التابع للعصر الكربونى مثالا نموذجيا على هذا النوع من الصخور الرملية.

• الجروق Greywacke

صخر رملى يتكون من كسارة زاوية الشكل، رديئة الفرز، تشتمل على الفلسبار الذى يوجد فى أرضية طينية دقيقة. هذه الخصائص التى تميز صخر

الجروق تدل على أن مصدره الصخور التى تجاوره والتى تحللت بسرعة ثم تماسكت وتصلبت معا؛ وعادة ما يكون ذلك فى القعائر العظمى geosynclines، وهناك صخور من هذا النوع ذات سمك هائل توجد فى شمال ويلز واسكتلندا.

• الكوارتزيت Quartzite

صخر قد يحسب على أنه متحول أو رسوبى. ولو اعتبر متحولا يطلق عليه اسم ميتا كوارتزيت metaquartzite، ولو اعتبر رسوبيا فيسمى أرثوكوارتزيت orthoquartzite. ومن الواضح أنهما يتكونان أساسا من معدن الكوارتز، كما يدل اسمهما على ذلك. وهذه الصخور صلبة جدا ومقاومة لعوامل التجوية وتكون ظواهر ثابتة حيثما وجدت، مثل تلى لكى Lickey Hill بالقرب من برمنجهام. والجانستر Ganister، صخر آخر يتكون من الكوارتز النقى تقريبا ويحتوى على جذيرات للنباتات ويوجد مع التتابعات الحاملة للفحم.

وقبل أن نترك الحديث عن الحجر الرملى، فإن الرمال الخضراء green-sands، جديرة بأن نلقى عليها بعض الضوء، فهى توجد فى صخور الدور الطباشيرى فى جنوب إنجلترا، وعادة ما يكون لونها برتقاليا أكثر منه إلى الأخضر، وهذا الرمل قابل للطحن بسهولة، وترجع تسميته بالرمل الأخضر، لاحتوائه على معدن الجلوكونيت glauconite الأخضر اللون، وهذا الأخير هو معدن غنى بالحديد والبوتاسيوم، وهو معدن ثابت فى الأحوال البحرية فقط (وهذا يعطى دليلا على طريقة تكوين الرمال الخضراء). وحينما يتصلب الجلوكونيت وينكشف على سطح الأرض، فإنه يتغير وينشأ عنه معدن حديد آخر هو الليمونيت limonite، الذى يصبغ الصخر كله باللون البنى المائل للون البرتقالى المألوف.

• الكونجلوميرات Conglomerate

يتكون صخر الكونجلوميرات من حصى مستدير له حجوم مختلفة وهو فى الأصل راسب الجرول الذى اختلط مع الرمال وتماسك بعوامل لاحمة طبيعية. ويتردد حجم الواحدة من الكسر التى يتكون منها صخر الكونجلوميرات من حجم الغرين إلى حجم الجلاميد.

وصخر البريشة breccia هو كونجلوميرات مكون من كسارة صخرية زاويّة، مما يدل على أنها لم تنتقل إلا مسافة صغيرة جدا من مصدر تكوينها. وقد تتكون البريشة من ركام السفوح أو نتيجة عملية طحن الصخور أثناء عملية التصدع. والحريث الصخرى tillites هو صخور الكونجلوميرات التى تكونت بفعل المثالج.

وهناك نوعان خاصان من صخور الكونجلوميرات:

النوع الأول يسمى Hertfordshire Puddingstone، وهو من الحقب الثالث Tertiary، ويحتوى على كسارة مستديرة من الصوان flint. **والنوع الثانى:** وهو «طبقات الحصباء» pebble bed: التى توجد فى Bunter Sandsrone وهى من الدور الترياسى Triassic Period وتحتوى على حصباء يتردد حجم الحبة منها بين ٠,٢٥ بوصة و١٨ بوصة ويرجع أصلها إلى صخور الكمبرى والأروفيشى والكربونى.

٢-الصخور الرسوبية الكيميائية Chemical Sedimentary Rocks

تسمى الرسوبيات التى توضعت من مواد كانت ذائبة فى الماء باسم الرسوبيات الكيميائية ٠ وتترسب بعض الرسوبيات الكيميائية مباشرة من الماء التى كانت مذابة فيه؛ مثال ذلك الملح الصخرى الذى يترسب نتيجة للتبخر من مياه البحر. وتسمى الرسوبيات التى تتكون بهذه الطريقة باسم «الرواسب الكيميائية غير العضوية». وتسمى الرواسب الكيميائية التى تترسب بواسطة أو بمساعدة النباتات أو الحيوانات باسم الرواسب العضوية أو البيوكيميائية أو البيوفتاتية bioclastic. مثال ذلك: محارة الأويستر Oyster تستخلص كربونات الكالسيوم من مياه البحر لتبنى به الصدفة الجيرية، وعندما تموت الأويستر Oyster، تبقى صدفتها على قاع البحر حيث تحفظ فى الصخور التى تسمى رواسب القاع. وفيما يلى قائمة بأهم الرواسب الكيميائية وأكثرها شيوعا:

• الحجر الجيرى Limestone

يتكون الحجر الجيرى أساسا من معدن الكالسيت، وهو الشكل الشائع لكربونات الكالسيوم $Ca\,CO_3$. توجد ضروب عديدة من الأحجار الجيرية التى تتباين فى أصلها وأشكالها:

• الطباشير Chalk

أحد أشهر الصخور الرسوبية المعروفة، وبالنسبة للمواطن الإنجليزى فإن الطباشير يعنى جروف دوفر البيضاء، وبيتشى هيد، وداونز . وهى بيضاء تماما، وفى بعض الأحيان تحتوى على صخور الصوان flint. لكن فى يوركشير، توجد صخور طباشيرية حمراء، ويرجع لونها الأحمر إلى أكاسيد الحديد الحمراء التى صبغت بها هذه الصخور. ويرجع تكوين الطباشير بإنجلترا إلى الدور الطباشيرى، ويوجد الطباشير فى أقطار كثيرة بخلاف بريطانيا؛ ويوجد أسفل الصخور فى معظم أنحاء الدانمرك كذلك يوجد فى أستراليا . ولا يزال أصل الطباشير مادة للجدل. ويظهر الطباشير تحت الميكروسكوب على هيئة كسر من أصداف صغيرة أو مسحوق منها. ويمكن مضاهاة الطباشير بالردغة الموجودة فى فلوريدا، والتى دلت على أنها من الممكن أن تكون قد ترسبت كيميائيا . وهناك نظرية أخرى تفسر تكوين الطباشير على أنه ترسب فى بحار ضحلة مع مواد دقيقة جليية من الصحروات المجاورة . ومن المحتمل أن تكون النظريتان غير صحيحتين.

• كوكينا Coquina

ضرب من الحجر الجيرى، يتكون تماما من كسارة الأصداف.

• الحجر الجيرى الزنبقانى Crinoidal Limestone

يتكون من قطع متكسرة من الزنبقانيات، وهى كائنات تعيش فى مياه البحار الضحلة الدافئة، وترجع معظم أنواع الحجر الجيرى الزنبقانى إلى الدور الكربونى وتوجد فى دربى شاير Derbyshire ويوركشير Yorkshire وفى أماكن أخرى عديدة بإنجلترا.

• شعاب الأحجار الجيرية Reefal Limestones أو الحجر الجيرى الشعابى Coral Limestone

كما يدل الاسم فإنها تتكون أساسا من مرجانيات وجوفمعويات Coelentrata مثل ستروماتوبورا *Stromatopora*. وتوجد هذه الشعاب الجيرية فى الدور السيلورى (ونيلوك Wenlock) والديفونى والكربونى والجوراسى.

• الأحجار الجيرية السرئية والبازلائية Oolitic and Pisolitic Limestones

هى أحجار جيرية تتكون من حبيبات مستديرة تترسب حول نواة عضوية فى وسط من تيارات دوارة قليلة الشدة. اشتق اسم oolite من كلمة إغريقية تعنى حجر بطروخ السمك fish-roe stone وكلمة pisolite من الحجر البازلائى pea stone.

وتوجد هذه الأحجار الجيرية السرئية والبازلائية مصاحبة المرجانيات. وأشهر تكوينين من هذه الصخور هما «السرئى العظيم Great Oolite» والسرئى الصغير» Inferior Oolite وهما من الدور الجوراسى وينكشفان على السطح فى كوتس وولد هل Cotswold Hill فى منطقة باث Bath وكذلك فى يوركشير.

وفى أيامنا هذه فإن كلا التكوينين السابق ذكرهما يظهران مع الشعاب المرجانية كما فى الحاجز العظيم باستراليا، Great Barrier Reef of Australia.

• الترافرتين Travertine

يكوِّن الترافرتين الصواعد والهوابط stalactites and stalagmites فى الكهوف كما فى مناطق شيدار Cheddar وكاسلتون Castleton. بإنجلترا، وهى ضروب متبلورة ومشرَّطة، غالبا، تصطبغ بشوائب تعطيها ألوانا جميلة غير عادية.

• الطوفا Tufa

حجر جيرى مسامى إسفنجى يترسب حول الينابيع ومجارى الأنهار.

• الحجر الجيرى الليثوجرافى Lithographic Limstone

لا يوجد هذا النوع من الأحجار الجيرية فى بريطانيا، لكنه مهم جدا وجدير بالاهتمام لما يحتويه من حفريات. والحجر الجيرى الليثوجرافى صخر يرجع عمره إلى الدور الجوراسى، ويوجد فى بافاريا (جنوب ألمانيا) ويتكون من طين الكالسيت (راسب دقيق جدا يترسب فى ظروف لاجونية) وقد احتفظ هذا الحجر بأكثر من ٤٠٠ نوع species من الحفريات تشتمل على طوابع للأسماك الهلامية (قناديل البحر) Jelly-fish وكذلك الأركيوبتيركس *Archaeopteryx*،

وهو طائر من عصور مـا قبل التاريـخ وهو أول شكـل لحيـوانات لها ريـش ظلت محتـفظة ببعض خصـائص الزواحـف. وفى وقـت ما، كان هـذا الحجـر الجيـرى الليثوجرافى مـهمـا اقتصاديا فى أغراض الطباعـة (اسمـه يعنى حجر الرسم). وما زالت هذه العملية تسـتعمل حتى اليوم ولكـن بدرجة محـدودة، بعد أن استبـدل بالحجر الجيرى الليثوجرافى الألواح الفلزية.

• الدولوميت Dolomite

يعرف الدولوميت باسم الحجـر الجيرى المغنيسى magnesium limestome، وتركيبه الكيميائى ($CaCO_3 . MgCO_3$) ويتكون الدولوميت عندما يحل المغنسيوم محل بعض الكالسيوم فى الحجر الجيرى. والطريقة التى يتـم بها هـذا الاستبـدال، مـا زالت غيـر مفـهـومة تماما حـتى اليـوم، لكـن بعض الشـعـاب والسرئيـات والحفريـات قد تغيرت تماما بهذه العملية. ويستخدم الحجر الجيرى والدولوميت فى أغراض البناء على نطاق واسع جدا.

• المتبخرات Evaporites

تتكون هذه الصخور الرسوبية من المعـادن التى تترسب من مـياه البحر نتيجة لعـمليـة البخـر. وتشـمل هـذه المعـادن الجـبس $CaSO_4.2H_2O$، والأنهيـدريت $CaSO_4$، والهـاليت (الملح الصخـرى NaCl) وتوجـد كميـات هائلة من هذه الرواسب أسفل مـعظم أجزاء الجزء الأوسط والشـمالى لإنجلترا (هناك تفصـيلات أكثر عن هذا الموضوع توجد فى الفصل الثانى من هذا الكتاب).

• الفحم Coal

يتكون الفحم أسـاسا نتيجة لعـملية تكربن بقايا النبـاتات. ويوجد عادة فى طبقات مع الصـخور الرسوبية. وخلال عمليـة تكوين الفحم يمر فى بدء تكونه، بمراحل عديدة هـى: مرحلة الخث peat؛ الذى يتكون من مـواد نبـاتية مـتكربنة جزئيا، ويمثل أولى مراحل تكون الفحـم. ويوجـد فى أماكـن كثيـرة مـن البـرارى والمستنقعات فـى وسط أيرلندا. المرحلة التى تلى ذلك هى مرحلة تكوين اللجنيت أو الفحم البـنى lignite. والمرحلة الثالثة هـى مرحلة تحول اللجنيـت إلى الفحم القارِى (البـتيومـينى) ويسمى أيضا الفـحم الناعم الذى يتحـول بدوره إلى الفحم

الصلب (الأنثراثيت) anthracite. وكان الفحم ولا يزال هو الوقود المهم فى الأغراض الصناعية والعامل الحيوى لازدهار الصناعة فى بريطانيا. وتوجد أهم مناجم الفحم من الدور الكربونى فى وادى مدلاند فى اسكتلندا Midland Valley of Scotland وفى شمال إنجلترا وجنوب ويلز. كذلك تمتد حقول الفحم فى مقاطعة كنت Kent .

نوع آخر من الصخور الرسوبية العضوية هو الراديولاريت radiolarite وهو من الأنواع التى تتكون أساسا من الهياكل الخارجية السيليسية لحيوانات وحيدة الخلية تعرف باسم الراديولاريا radiolarians. كذلك فإن الدياتوميت diatomite الذى يتكون من البقايا السيليسية للنباتات المجهرية المعروفة باسم الدياتومات diatoms هو صخر رسوبى عضوى.

أما حجر الحديد ironstone، الذى يتكون من خامات عديدة من الحديد، فإنه يمد العالم باحتياجاته من الحديد، وهو أيضا من الصخور الرسوبية.

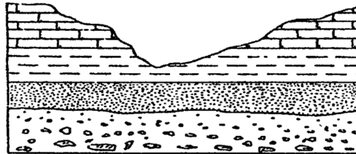
٣- الخصائص الفيزيقية للصخور الرسوبية

Physical Characteristics of Sedimentary Rocks

تتميز الصخور الرسوبية بخواص فيزيقية محددة، وتظهر ملامح معينة يمكن بواسطتها التمييز بينها وبين الصخور النارية والمتحولة، وفيما يلى بعض من هذه الخواص:

- **الطباقية Stratification**

ربما تكون أهم الخصائص المميزة للصخور الرسوبية وجودها فى طبقات (شكل ٣١).



شكل (٣١)

قطاع فى طبقات صخور رسوبية

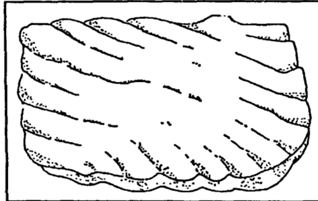
ويفصل كل طبقة عن الأخرى مستوى هو السطح العلوى للطبقة السفلى وفى الوقت نفسه يكون هو السطح السفلى للطبقة العليا، ويسمى مستوى التطبق. وتتكون هذه الطبقات بواسطة العوامل الچيولوچية مثل '-رياح أو الماء أو الجليد عندما ترسب حمولتها من الرواسب تدريجيا ويؤدى التغير فى عامل النقل (مثل نقصان سرعة المجرى أو سرعة الرياح) إلى التأثير على أنسجة الصخور الرسوبية وكذلك على ثخانة الطبقات.

• النسيج Texture

يتحدد نسيج الصخر الرسوبى بحجم المواد التى تكونه، كذلك شكلها وطريقة ترتيبها. فالكونجلوميرات مثلا يتميز بنسيج غليظ coarse، بينما الحجر الجيرى الدقيق التحبب له نسيج دقيق fine. وتقسم الرمال إلى رمال غليظة التحبب ودقيقة التحبب وهكذا... بصفة عامة يقال إن الأنسجة textures فتاتية clastic إذا كانت مكونة من فتات صخرى أو معادن فتاتية، ويقال إنها لافتاتية non - clastic إذا كانت متبلورة أو متحببة تقريبا.

• علامات النيم Ripple Marks

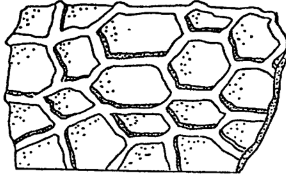
تتكون موجات صغيرة أو تموجات من الرمل على سطح الأرض عند الشواطئ أو على الكثبان الرملية أو على قاع مجرى مائى. وهذا النمط من العلامات قد تحتفظ به أنواع معينة من الصخور الرسوبية (شكل ٣٢) وقد يمد الچيولوچى بمعلومات عن الظروف التى ترسب فيها الراسب.



شكل (٣٢)
نيم الأمواج

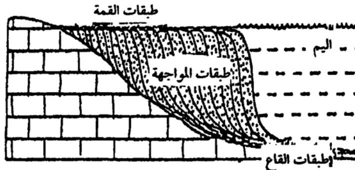
• تشققات الطين Mud Cracks

من الشائع أن نجد تشققات الطين التى تكونت على قيعان البحيرات التى تجف والمستنقعات وطبقات المجارى المائية. وهذه الأشكال ذات الأضلاع المتعددة (polygonal) تعطى مظهرا يشبه خلية النحل. ومثل هذه الشقوق (شكل ٣٣) تحفظ فى الصخور الرسوبية فتعطى انطباعا بأن هذه الصخور كانت قد تعرضت لفترات من الفيضان تتبادل مع فترات جفاف، وتظهر التشققات الطينية عندما يتعرض الصلصال إلى الجو خلال فصل ذى مناخ جاف.



شكل (٣٣)
شقوق الطين

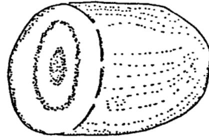
وهناك خصائص أخرى تميز الصخور الرسوبية مثل التطبق المتقاطع cross-bedding، الذى يدل وجوده فى صخر ما على فعل التيارات المائية القوية أو الرياح فى المناطق الصحراوية. كذلك طبقات الواجهة – foreset beds التى توجد فى الدلتات (شكل ٣٤) حيث تجلب الأنهار السريعة الجريان حمولتها



شكل (٣٤)
ترسيبات الدلتا

وتلقى بهـا لتكون النمـوذج الموضح فى (الشكل ٣٤). وقـد تكشط هذه الأشكال بفعل عمليات التـحات. ويحدث التطبق المتدرج graded bedding حينما تتصنف المواد الصخرية بنفسها بعد الترسـيب السريع بحيث تتجمع المواد الثقيلة فى القاع. ويعد التطبق المتدهور slumped bedding اضطرابا احتفظت به الطبيعة على أرضية البحر. وتصاحب الطبـقات الحولية varved beds المثالج وتمثل كل سطيحـة فيها الرسوبيات التى انطلقت نتيجة لانصهار الجليد فى كل صيف.

• الدرنات الصخرية Concretions



شكل (٣٥)
درنة صخرية

تحـتـوى بعض أنواع الطفلة والأحـجـار الجيـرية والأحجار الرمليـة على كتل صـخرية كروانية أو منبعـجة الشكل، تكون عادة أصلب من الصخر المضـيف لهذه الكتل، وتسمى هذه الأجسـام باسم الدرنات الصخـرية (شكل ٣٥) وتتكون هذه الدرنات الصـخرية حـول أنوية قد تكون حفـرية أو أى جسم صلب. ويـتردد قطر الدرنة الصـخـريـة بين بوصـة واحـدة وأقـدام عديدة. ونظرا لأن الدرنات الصخرية تكون أكثـر صلابة من الصخور الحاوية لها، فـإنهـا تبقى ولا تـبلى بعـد أن يتـحات الـصخـر المضيف.



شكل (٣٦)
فجوة تحددها بلورات من الداخل

• النرجيل الصخرى Geodes

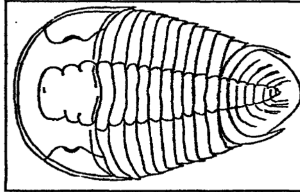
هى درنات صخـرية كروانية الشكل مجـوفة وفارغـة، وغالبـا ما يتحدد الفراغ ببلورات معدنيـة (شكل ٣٦) وتوجـد الفراغـات غالبـا فى الصخور الجيـرية، لكنها قد تكون أيضـا فى بعض تكاوين الطفلة.

• اللون Colour

فـى منطقة مثل «خليج الشب Alum Bay» فى جزيرة وايت Isle of Wight يلاحظ أن تكاوين الصـخور الرسوبيـة فيها تـتميز بألـوان براقة. ويرجع لون هذه الصخور وغيرهـا من الصخور الأخرى إلى التركيب الكيميـائى للمعادن التى تنشر فى الصـخور. ويعـد معدن الـهيمـاتيت hematite أحد أهم المعـادن التى تلون الصخور الرسـوبية وينتج عنه ألوان حمراء أو وردية. وينتج عن وجـود الليمونيت limonite تلّون الصخور بـلون أصفر. وتعطى معادن المنجـنيز ألوانا ذات درجات متبـاينة من اللون القرمزى purple. أما الصخور التى تحتـوى على محتوى عـالٍ مـن المواد العضـوية (مثل الطفلة الكربونيـة) فتكون فى العـادة ذات لون رمادى أو أسـود. وبالإضافـة إلى ذلك فقـد تؤثر عـمليات التـجويـة على اللون القشـيب للصخر، لكنه مع عمليات الأكسدة، ونتيجة لعـملية التجوية الكيميائية يصبح لونه بنيا ضاربا إلى الإصفرار على سطحه المجوى weathered surface.

• الحفريات Fossils

الحفـريات هى بقايا الـنباتات والحيـوانـات القديـمة، وهى الأجزاء الصـلبة القابلة للحـفظ من الكائنـات الحية التى كانت تـعيش فى عصور ما قـبل التاريخ، والتى عاشت فى المنطقة التى جمعت منهـا بقاياها (شكل ٣٧). ولقد خلَّفت نسبة ضئيلـة فقط من النباتات والحيـوانات بقايا لها عبـر التاريخ الجيولوجى، وأغلـبها تنتمى إلى البيئة البحرية.



شكل (٣٧)

ترايلوبيته حفرية مميزة لحقب الحياة القديمة

الفصل الخامس

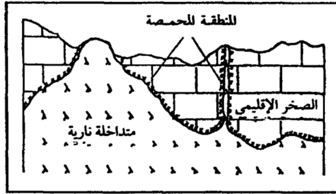
التحول والتحرف القشرى

METAMORPHISM AND CRUSTAL DEFORMATION

الصخور المتحولة هى صخور كانت رسوبية أو نارية أصلا، دفنت فى الأعماق السحيقة لباطن الأرض حيث تعرضت إلى درجات حرارة عالية جدا وضغط شديد. وتحت هذه الظروف الفيزيقية تحدث تغيرات كبيرة فى الصخور المتصلبة، وهذه التغيرات يشملها مصطلح «التحول» metamorphism (كلمة meta من اللغة الإغريقية معناها تغير change، وكلمة morphe معناها شكل) ويتعرض الصخر الأصلى فى أثناء عملية التحول إلى تغيرات فيزيقية وكيميائية تغير من نسيجه الصخرى ومن لونه وبنيته، وحتى التركيب الكيميائى تشمله هذه التغيرات. وعليه، فالحجر الجيرى يتحول إلى رخام، والحجر الرملى يتحول إلى الكوارتزيت. والآن دعنا نتناول بالدراسة أهم أنواع القوى التى يمكنها إحداث التغيرات التحولية metamorphic changes.

١- التحول بالتماس Contact Metamorphism

حينما يغزو جسم نارى صخر المنطقة (الصخور الرسوبية المحيطة بمتدخلات نارية)، فإن صخر المنطقة تحدث له تغيرات كبيرة، فمثلا الحجر الجيرى الذى تخترقه صهارة ملتهبة قد يتحول لمسافة تمتد من بوصات قليلة إلى أميال عديدة من خط التماس بين الصخر الرسوبى والصهارة الملتهبة. وبعض أنواع الصخور المتحولة قد تكونت بهذه الطريقة فيما يعرف باسم «المنطقة المحمَّصة» baked zone من صخر المنطقة المتحول (شكل ٣٨).



شكل (٣٨)
منطقة محمَّصة فى صخر إقليمى يحيط متدخلة نارية

وقد تنتج التغيرات الفيزيقية من التحول بالتماس عندما تتخلل السوائل الصهارية المعادن الأصلية. لصخر المنطقة مما يحدث لها عملية إعادة تبلور غالبا. هذه العملية التى ينتج عنها إما معادن جديدة وإما بلورات معدنية أكبر مما كانت عليه قبل هذه التغيرات، تؤدى إلى تغير كبير فى نسيج الصخر، وبالإضافة إلى ذلك، فإن السوائل الصهارية تضيف عناصر ومركبات جديدة، وهذه تؤدى بدورها إلى تعديل التركيب الكيميائى للصخر الأصلى ومن ثم تكوين معادن جديدة.

وتسمى منطقة التماس باسم «الهالة» aureole، وهى التى تحيط بالصخر النارى المتدخل، وتكوّن عامة صخر الهورنفلس hornfelse، وهو صخر نارى غليظ التحبب بالقرب من المتدخلات النارية، ويتدرج إلى صخور رقطاء تحتوى على معادن مثل البيوتيت والكورديريت.

٢- التحول الديناميكى (الحركى) Dynamic (or Kinetic) Metamorphism

يحدث التحول الديناميكى حينما تتعرض طبقات الصخر إلى تحرفات بنيوية structural deformation أثناء تكون سلاسل الجبال. ويتسبب الضغط الناتج عن طى طبقات الصخر وتشققها وتجعدها فى إحداث تحولات معقدة ذات انتشار عظيم. مثل هذه الضغوط قد ينشأ عنها تمزيق وتحطيم الصخور، وكذلك طمس أى دليل على وجود حفريات أو تطبق فى الصخور، وإعادة ترتيب حبيبات المعادن وزيادة درجة صلابتها. ونظرا لأن هذا النوع من التحول يحدث على نطاق إقليمى كبير نسبيا، فإنه يسمى التحول الإقليمى regional metamorphism.

٣- تأثيرات التحول ونواتجه Effects and Products of Metamorphism

تعتمد التأثيرات التى يحدثها التحول بدرجة كبيرة على الخصائص الفيزيقية والكيميائية للصخر الأصلى، وكذلك على عامل التحول ودرجته. وأهم التغيرات الأساسية هى التى تطرأ على النسيج الصخرى والتركيب الكيميائى للصخر. وتحدث عملية إعادة ترتيب لبلورات المعادن فى أثناء التحول، فقد تصبح البلورات متورقة foliated أو لامتورقة non-foliated.

• الصخور المتحولة المتورقة Foliated Metamorphic Rocks

الصخور المتورقة هى تلك التى تتسطح معادنها أو تسحب وتترتب فى طبقات متوازية أو شرائط. وتوجد ثلاثة أنواع من التورق هى:

أ- تورق أردوازى ب- تورق شيستوزى جـ- تورق نيسوزى.

وفيما يلى وصف لهذه الأنواع الثلاثة بالإضافة إلى بعض الصخور الشائعة التى توجد فيها هذه الأنواع من التورق:

أ- الأردواز Slate

هو طفلة متحولة، يتميز بنسيج دقيق جدا، حيث لا يمكن التعرف على المعادن المكونة له بالعين المجردة. ولا يظهر الأردواز بنية شريطية banding، لكنه يتمفصل بسهولة إلى رقائق رفيعة. ويوجد الأردواز فى ألوان متعددة، لكنه يكون عادة رماديا أو أسود أو أخضر أو أحمر. ويتميز الأردواز بتشقق أردوازى slaty cleavage (وهو يختلف عن التشقق الموجود فى المعادن)، مما يجعله مناسبا لصناعة الأسقف وصناعة السبورات، كما يصلح لرصف الطرق.

ب- الشيست Schist

الشيست صخر متحول متورق متوسط التحبب إلى غليظ التحبب، يتكون تحت ضغوط عظيمة أكبر من تلك التى يتكون عندها الأردواز. ويتكون الشيست أساسا من معادن ميكائية micaceous فى ترتيب متوازٍ يسمى الشستزة schistosity (شكل ٣٩) ويتفلق الشيست بسهولة على طول مستويات الشستزة (التورق) التى تنثنى وتتجعد. وقد ينشأ صخر الشيست عن صخور نارية دقيقة التحبب بالإضافة

إلى منشئة من الأردواز. وتسمى هذه الصخور الشيستية تبعا للمعدن الأكثر وفرة فيها، مثل شيست الميكا mica schist وشيست الكلوريت chlorite schist وهكذا.



شكل (٣٩)
شيست، صخر متحول متورق

• شيست الميكا جارنت Garnet Mica Schist

يحتوى هذا الصخر على معدن سليكاتى هو الجارنت garnet وأفضل بلورات الجارنت تكون شفافة ولونها أحمر ياقوتى ruby red وهو حجر شبه كريم، وتستخدم بلورات الجارنت ذات الدرجة الأدنى مادة ساحجة.

• الفيلليت Phyllite

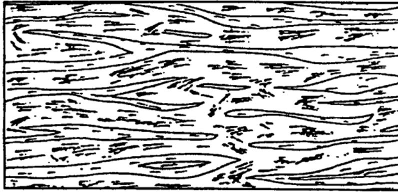
اشتق الاسم من أصل إغريقى (كلمة phyllon ومعناها ورقة leaf). وصخور الفيلليت تكون دقيقة التحبب وأكثر دقة من صخور الشيست، لكنها تكون أكثر غلظا فى تحببها من الأردواز. ولصخور الفيلليت بريق حريرى لامع مميز لسطوحها القشيية (المكسورة حديثا)، ويرجع ذلك إلى وجود حبيبات دقيقة من معادن الميكا، تكون معظمها من الطفلة التى تعرضت إلى ضغوط عالية أكثر من الضغوط اللازمة لتكوين الأردواز، لكنها ليست بالشدة التى تكفى لتكوين الشيست.

جـ- النيس Gneiss

صخر متحول بدرجة عالية ,غليظ التحبب له بنية شريطية. ويتميز هذا الصخر بوجود شرائط متبادلة من معادن دكناء مثل الكلوريت والبيوتيت أو

الجرافيت وتوجد هذه الأشرطة على هيئة مطوية ومنثنية (شكل ٤٠) وبالرغم من أن بعض صخور النيس قد تشبه صخور الشيست، إلا أنه لا يسهل تشقق طبقاتها بسهولة. وقد يكون وجود البنية الطبقية فى صخر النيس دليلا على وجود الطباقية فى الصخر الرسوبى الأصلى، أو قد يكون راجعا إلى تبادل معادن حائلة اللون مع أخرى دكناء فى الصخر النارى الأصلى الغليظ التحبب والذى تحول بعد ذلك إلى صخر النيس.

وبوجه عام، فإن صخر النيس قد تعرض لدرجة كبيرة من التحول أكثر من صخور الشيست، وإنه تكوَّن نتيجة للتحول الإقليمى الشديد.



شكل (٤٠)

النيس، صخر متحول ذو نسيج متطبق

• الصخور المتحولة غير المتورقة Non-Foliated Metamorphic Rocks

هذه صخور متحولة كتلية تماما أو حبيبية فى نسيجها ولا يوجد بها تورُّق. وبالرغم من تشابه بعض الصخور المتحولة غير المتورقة مع صخور نارية معينة، إلا أنه يمكن التفرقة بينهما على أساس التركيب المعدنى.

• الكوارتزيت Quartzite

يتكون الكوارتزيت من تحول الحجر الرملى، وهو أحد أكثر الصخور مقاومة، ويتكون من كتل متبلورة من حبيبات الرمل الملتحمة جيدا بعضها مع بعض. وحينما يتكون الكوارتزيت من الكوارتز النقى، فإنه يكون أبيض اللون. ومع ذلك فقد يتخذ ألوانا مختلفة مثل الأحمر والأصفر والبنى، ويرجع ذلك إلى

وجود الشوائب التى تصبغ الصخر بهذه الألوان. وتسمى صخور الكوارتزيت المتحولة باسم ميتا كوارتزيت metaquartzite، وذلك للتفرقة بينها وبين صخور الأرثوكوارتزيت الرسوبية.

جدول رقم (٣): بعض الصخور النارية والرسوبية الشائعة ومكافئاتها المتحولة

الصخر الأصلى	الصخر المتحول
الحجر الرملى	كوارتزيت
الطفلة	أردواز - فيلليت - شيست
الحجر الجيرى	الرخام
الفحم البتيومينى	فحم انثراسيت وجرافيت
الصخر الأصلى النارى	
صخور نارية ذات نسيج جرانيتى	نيس
صخور نارية ذات نسيج ممموج	شيست

• الرخام Marble

صخر جيرى متبلور غليظ التحبب نسبيا. وهو حجر جيرى أو دولوميت متحول. ويتكون نتيجة لعملية إعادة التبلور. وفى هذه الصخور تتحطم كل الأدلة الحفرية والتطبق أثناء عملية التحول.

ويكون الرخام أبيض اللون حال كونه نقيا، لكن وجود الشوائب يكسب الرخام مدى واسعا من الألوان المختلفة.

• الأنثراسيت Anthracite

حينما يتماسك الفحم البتيومينى أو الفحم غير الصلب، فإنه ينثنى ويسخن ويتحول إلى الأنثراسيت أو الفحم المتصلب. ونظرا لتعرضه لعملية كربنة شديدة،

فمحتواه الكربونى يكون عاليا وثابتا؛ وغالبا ما تكون كل المواد المتطايرة قد تصاعدت منه تقريبا.

٤- الحركات القشرية والتكتونية Crustal Movements and Tectonism

تعرضت القشرة الأرضية إلى تغيرات بنيوية كبيرة خلال الأزمنة الماضية من تاريخ الأرض. وحتى اليوم، فإن القشرة الأرضية تتغير باستمرار بثلاث من القوى الرئيسية:

الهدم والبناء gradation، والبركنة volcanism، والتكتونية tectonism. ولقد سبق وأن تحدثنا عن الهدم والبناء والبركنة فى فصول سابقة من هذا الكتاب.

والآن نرى كيف أثرت القوى التكتونية فى الأرض. وكما هو معروف، فإن التكتونية تشمل العمليات التى ينتج عنها تحرف القشرة الأرضية؛ وتحدث الحركات التكتونية ببطء عادة وتستمر لفترة طويلة من الزمن، لكن بعضها - على سبيل المثال - مثل الزلازل تحدث فجأة وبعنف. وفى بعض الحالات قد تتحرك الصخور رأسيا، فينشأ عن ذلك صعود أو هبوط للكتل القارية. وقد تكون الحركة جانبية أو أفقية نتيجة لقوى التضاغط أو الشد. والنمطان الرئيسيان من الحركات التكتونية هما: الإبيروجينية Epeirogeny وهى حركات أرضية رأسية والثانية هى الأوروچينية Orogeny وهى حركات جانبية أساسا.

• الحركات الإبيروجينية Epeirogenic Movements

هذه حركات بطيئة نسبيا يصاحبها رفع للقارات أو غمر لها وتؤثر هذه الحركات على مساحات كبيرة نسبيا وينتج عنها إمالة أو التواء للكتل البرية.

وعملية الرفع فى الحركات الإبيروجينية تؤدى إلى رفع المنصات المقطوعة بالموج wave-cut benches ورفع الجروف البحرية إلى ما فوق مستوى سطح البحر.

وتوجد نماذج من هذا النوع يشيع وجودها على طول أجزاء معينة من ساحل المحيط الهادى لأمريكا الشمالية. وهناك أجزاء من الساحل الاسكندنافى ترتفع لأكثر من ثلاثة أقدام فى كل قرن . وقد يحدث هبوط للقارات أيضا .وعليه، فهناك

مناطق من القارات تهبط ببطء تحت المحيط وتصبح مغمورة بالبحار الضحلة. وهناك حركات مماثلة سببت انفصال الجزر البريطانية عن القارة الأوربية. (وقد يحدث الهبوط أيضا نتيجة لارتفاع مستوى سطح البحر).

ويلاحظ أن الطبقات الصخرية التى تتأثر بالحركات الإبيروچينية لا تطوى أو تتصدع بشدة فى العادة. لكنه وكما ذكر سابقا، فإن مثل هذه الطبقات قد تتعرض للإمالة أو الالتواء بدرجة كبيرة.

• الحركات الأوروجينية Orogenic Movements

هذه الحركات تكون أكثر شدة من الحركات الإبيروچينية، وتتعرض الصخور فى هذا النوع من الحركات إلى إجهاد كبير. وتعرف هذه الحركات باسم الحركات البانية للجبال، وعادة ما تؤثر على مناطق ضيقة ممتدة ويصاحبها دائما عمليات طىّ وتصدّع كثيرة. وهذا النوع من اضطراب القشرة الأرضية قد يصاحبه نشاط نارى وزلازل. وبالرغم من بطء الحركات الأوروچينية، إلا أنها تحدث بسرعة أكبر قليلا من السرعة التى تحدث بها الحركات الإبيروچينية.

٥- البنيات الصخرية التى تسببها القوى التكتونية

Rock Structures Produced by Tectonism

تؤدى الحركات التكتونية سواء أكانت إبيروجينية أم أوروجينية إلى حدوث التحرفات الصخرية. وفى الظروف السطحية تكون الصخور العادية هشة فتتصدّع، أو تتكسر لو تعرضت لإجهادات شديدة. أما الصخور المدفونة فى الأعماق، فهى على أى حال تتعرض لدرجات حرارة عالية وضغط شديد مما يجعلها لدنة plastic، وإذا استمر تعرض هذه الصخور لإجهاد طويل المدى فإنها تعوج أو تطوى بدلا من أن تتصدع.

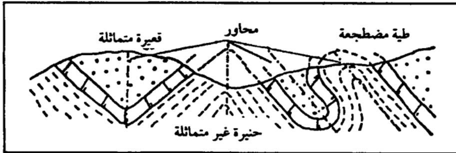
• الاعوجاج Warping

ينشأ الاعوجاج عادة نتيجة رفع أو خفض مساحة واسعة من القشرة الأرضية. وتبدو الطبقات الصخرية فى مثل هذه المناطق كأنها أفقية أساسا، لكن الدراسات التفصيلية المدققة توضح أن هذه الطبقات أصبحت مائلة بلطف.

وحركات الاعوجاج هى من النوع الإبيروچينى وعادة ما يصاحبها أو لا يصاحبها قليل من الطى والتصدع المحليين.

•الطى Folding

قد لا يحدث للصخور إمالة أو اعوجاج فقط، لكنها تطوى أيضا (شكل٤١) وتختلف الطيات كثيرا فى درجة تعقيدها وحجمها وتتكون الطيات حينما تتجعد الصخور وتلوى فى سلاسل لها بنيات تشبه الموجات. وتنشأ هذه البنيات نتيجة لقوى تضاغطية أفقية ينتج عنها العديد من البنيات المختلفة.

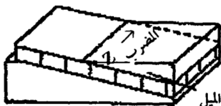


شكل (٤١)
أنواع الطيات

•الحنائر Anticlines

هى صخور مطوية إلى أعلى (شكل٤١) أما القعائر synclines (شكل ٤١ أيضا) فتنشأ عندما تطوى طبقات الصخور إلى أسفل. وتسمى الحنائر الكبيرة العريضة والتى تغطى مساحات شاسعة باسم الحنائر العظمى geoanticlines، ومثيلتها الكبيرة التى تطوى إلى أسفل فتسمى القعائر العظمى geosynclines. وقد ترسبت رواسب لها سمك عظيم وتراكمت فى بعض القعائر العظمى فى الزمن الچيولوچى الماضى، وارتفع بعض من هذه الرواسب السميكة وكون سلاسل الجبال المطوية. ومثل هذه القعائر العظمى شغلت أجزاء كثيرة من بريطانيا فى أثناء الحقب الباليوزوى، وامتدت من أيرلندا عبر ويلز إلى اسكتلندا والنرويج. وهذا السمك الهائل من الرواسب التى تكونت فى القعائر العظمى تتعرض فى النهاية إلى عمليات الرفع والطى مكونه المناطق الجبلية.

وعند دراستنا للطيات، لابـد أن نكون قادرين على تحديد «وضع» attitude طبقات الصـخر، وكلمة «وضع» مصطلح يسـتخدم لتحديد وضع الصخـر بالنسبة لاتجاه البوصلة والمستوى الأفقـى. ويعرّف بأنه المضـرب strike والميـل dip (شكل ٤٢) ومضرب تكوين ما هو اتجاه البـوصلة للخط الناتج عن تقاطع مستوى التطبق مع المستوى الأفقى. والميل dip هو زاوية الميل بين مستوى التطبق والمستوى الأفقى ويكون اتجاه الميل دائمـا عموديا على المضرب. وطبـقا لذلك فإن الطبقـة الصخرية التى تميل جهة الشمال يكون مضربها شرق - غرب.

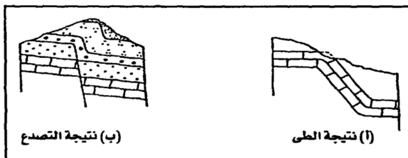


شكل (٤٢)
المضرب والميل، مضرب لطبقات شمال- جنوب والميل إلى الشرق

وهناك أنواع أخرى من الطيات تشمل أحاديات الميل monoclines والقباب Domes.

• أحادى الميل Monocline

هو طية بسيطة تشبه الدرج step-like، وتميل فى اتجاه واحد فقط. وهناك مثـالان من أصلين مخـتلفين لأحـاديات الميل يشاهدان فى خليـج الجرف الأبيض White Cliff Bay (جزيرة وايت Isle of Wight) بإنجلترا. وهذا نـشأ عن الطى (شكل ٤٣أ). أما الموجـود على رصيف لندن London Platform أسفل صـخور الباليوزوى فقد تحرك على طول خط صدع (شكل ٤٣ب).



شكل (٤٣)
أحاديات الميل

● القبة Dome

هى طية تميل طبقاتها بعيدا عن مركز مشترك. والقبة المتحاتة والمعروفة باسم «ويلد» Weald، بين شمال وجنوب دونز «Downs» هى حنيرة مركبة Anti-clinorium وكانت أساسا حنيرة ضخمة وبها طيات صغيرة عديدة وصدوع. وهناك أحواض ضخمة متشابهة مثل حوض هامبشير Hampshire Basin تسمى القعائر المركبة synclinoriums (انظر شكل ٤٤) وقد تكون الحنائر والقعائر متماثلة (أى الميل فى كل طرف منهما واحد) أو غير متماثلة. وإذا كانت الطية الحنيرية تميل فى اتجاه ثانوى يقال إنها غاطسة Pitched وتسمى الطية مضطجعة recumbent عندما يحدث لها طى متزايد بحيث توجد الصخور الأقدم فوق الصخور الأحدث (شكل ٤١). ويتكون جزء من جرامبيانز Grampians من طية مضطجعة كبيرة.



شكل (٤٤)
رسم تخطيطى للحنائر المركبة

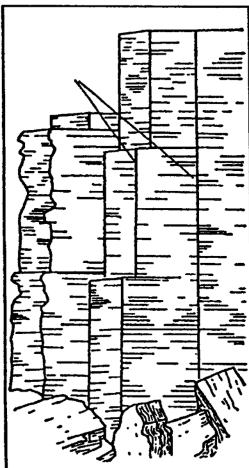
● التشدخ (التشقق) Fracturing

تصبح الصخور الموجودة قرب السطح والمعرضة لإجهاد كبير، قابلة للتشدخ، وبذلك تتكون فيها صدوع ومفاصل. والشدخ الذى لا تحدث عليه حركة أو تحدث عليه حركة بسيطة يسمى مفصل joint (شكل ٤٥).

وتوجد المفاصل فى مجموعات ويوازى بعضها البعض عادة. وتحدث تشدخات من هذا النوع فى الصخور النارية نتيجة الانكماش بسبب البرودة، ويشيع وجودها فى بعض الجدد القاطعة والجدد الأفقية sills. وتنتج المفاصل أيضا بسبب

الشد tension والتضاغط compression، حينما تتعرض الصخور للإجهاد والاعوجاج والطى والتصدع.

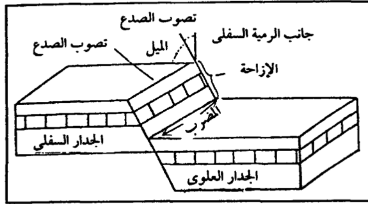
وتتكون نظم (أطقم) المفاصل حينما تتقاطع مجموعتان أو أكثر من المفاصل. وتفيد هذه النماذج من المفاصل المتقاطعة فى العمليات الخاصة بالمحاجر وفى زيادة المسامية فى الصخور غير المنفذة؛ كذلك تساعد المفاصل على تسهيل عملية التجوية والتحات، حيث تساعد على جعل الصخر أكثر قابلية للتأثر بالأمطار والصقيع والمياه الجارية.



شكل (٤٥)
مفاصل رأسية فى الحجر الجيرى

•الصدوع Faults

هذه شدوخ (شقوق) فى القشرة الأرضية تحدث إزاحة للصخور على امتدادها. (شكل ٤٦) وتتحرك الصخور المتأثرة بالتصدع على طول مستوى الصدع. وإذا كانت إزاحة القشرة رأسية، فإن الصخور الموجودة على أحد جانبى الصدع قد تصبح أعلى من تلك الصخور الموجودة على الجانب الآخر منه. وهذه العملية تؤدى إلى تكون جرف cliff يسمى أحدور صدعfault scarp. وإذا كان التصدع من هذا النوع وعلى مقياس كبير فقد يؤدى إلى تكوين جبال الصدوع الكتلية fault-mountains. ويوضح (شكل ٤٦) المصطلحات المستخدمة فى وصف الصدع. و يسمى سطح الصخر الذى يحد الجانب السفلى لمستوى صدع مائل باسم الجدار السفلى footwall، ويسمى السطح الذى يعلوه باسم الجدار المعلق hanging wall. ومضرب الصدع هو الاتجاه الأفقى لمستوى الصدع، ويقدر الميل بقياس ميل مستوى الصدع فى اتجاه عمودى على

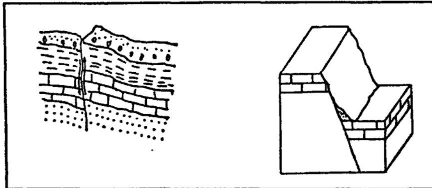


شكل (٤٦)
صدع عادى وعناصره

المضرب. ومهـوى الصدع Hade هو أقصى ميـل لمستوى الصدع بالنسـبة للاتجاه الرأسى(وبالتالى فـهو المكمل لزاوية الميل). وإزاحـة الصدع displacement هى مقدار الحـركة التى حدثت على طول مستوى الصـدع. وتؤدى الإزاحة إلى وجود جانب الرمية السفلية وجانب الرمية العلوية ٠وهذه المصطلحات نسبية تماما، حيث إنه لا يكـون من الممكن دائما معرفة الطريقة التى تحرك بها الصدع. وتصنف أنواع الصدوع العديدة على أسـاس اتجاه الصخور على امتـداد مستوى الصدع وحركـتها النسبية.

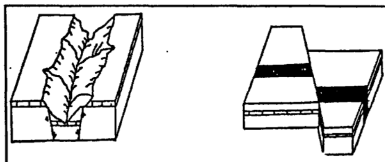
فالصدع العادى أو صدع الجاذبية هو الصدع الذى يكون فيه الجدار المعلق قد تحرك إلى أسفل بالنسبة للجدار السفلى (شكل ٤٧).

وإذا كان الجدار المعلق قـد تحرك إلى أعلى بالنسبة للجدار السفـلى، فيسمى الصدع عندئذ بالصدع المعكوس thrust. (شكل ٤٨).


شكل (٤٨)
صدع معكوس

شكل (٤٧)
صدع عادى أو صدع الجاذبية

وهناك صدع المضرب المنزلق strike - slip الذى ينشأ عندمـا تكون الحركة الأفقية السائدة موازية لمستوى الصدع (شكل ٤٩) وفى بعض المناطق، قد يحدث سقـوط لكتلة طويلة ضيـقة بين صدوع عـادية فتؤدى إلـى تكـوّن أخدودgraben (شكل ٥٠) وإذا كـان الأخـدود على مقيـاس كبيـر فـيسـمـى وادى الخسف rift valley.

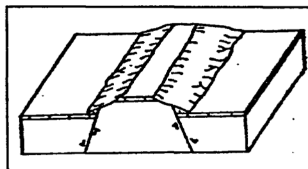


شكل (٥٠)
صدع خسفى

شكل (٤٩)
صدع تزيح المضرب

وهناك مثالان من الأخـاديد هما وادى الراين العلوى Upper Rhine Valley والمنخفض المحتـوى على البحر الميت Dead Sea. وفى بعض الأحيـان قد ترتفع كتل بين صدوع عادية، وتسمى هذه الكتل التى ارتفعت باسم النتق Horst (شكل ٥١).

ومن أمثلة ذلك، نتق منطقـة فوسجى Vosges فى فرنسا، والغابة السوداء Black Forest فى ألمانيـا وكـذلك غـابـة تشـارن وود Charnwood Forestفى ليسـيستـر شاير Leicestershire بإنجلتـرا حيث تظهـر كتلة من صـخور مـا قبل الكمبرى من خلال الصخور الأحدث منها.



شكل (٥١)
صدع بارز

٦- أدلة التحركات القشرية Evidences of Crustal Movements

تبدى صخور القشرة الأرضية كثيرا من الشواهد التي توضح أن كثيرا من الحركات التكتونية حدثت فى الماضى الجيولوجى. وعلى سبيل المثال، فنحن نعلم أن بقايا متحفرة لنباتات وحيوانات بحرية وجدت فوق مستوى سطح البحر بآلاف الأقدام. ومما هو شائع أيضا، شواطئ الرفع elevated beaches والوديان الساحلية coastal plains، والجروف المقطوعة بالموج wave-cut cliffs، والكهوف البحرية. ومثل هذه المعالم تدل بشدة على هبوط مستوى البحر أو على ارتفاع قارى uplift of the continent، ومن الممكن حدوث كليهما. وبالمثل، فإن وجود وديان الأنهار المغمورة بالماء drown rivers valleys يدل إما على ارتفاع منسوب البحر أو / و هبوط فى الكتلة القارية. كذلك فإن حدوث الزلازل يؤخذ دليلا على حركات متشابهة تحدث فى أيامنا هذه. ويوجد مثال طيب فى منطقة خليج ياكوتات فى ألاسكا Yakutat Bay، ففى عام ١٨٩٩ م أدت عملية التصدع التى حدثت هناك إلى ارتفاع بعض أجزاء من الساحل لأكثر من ٤٧ قدما. وبالمثل، ففى خلال الزلزال الذى ضرب سان فرانسيسكو عام ١٩٠٦، حدثت إزاحة أفقية على طول مستوى الصدع، مما أدى إلى تغير مكان بعض الأسوار Fences والطرق لمسافة ٢٠ قدما تقريبا.

وبالرغم من أن بريطانيا لا تعد من أماكن أحزمة الزلازل، إلا أنه منذ سنوات قليلة مضت، حدثت بعض الهزات الضعيفة فى القنال الإنجليزى، نتج عنها تحطيم النوافذ فى بورتسموث Portsmouth ، ولوحظت كذلك ذبذبات ضعيفة داخل الجزيرة البريطانية امتد أثرها لمسافة ٢٠ ميلا إلى الداخل.

وتوجد الآن أجهزة سيزموجراف نصبت فوق سطح القمر لقياس الزلازل القمرية التى تحدث على القمر.

٧- أسباب الحركات القشرية Causes of Crustal Movements

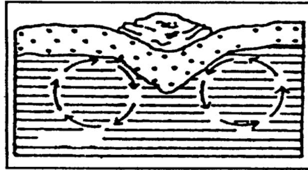
بالرغم من وجود أربع نظريات لتفسير أسباب حدوث الحركات التكتونية، إلا أنه يجب أن نضع فى اعتبارنا أن الجيولوجيين، لم يتفقوا على السبب الصحيح فى كل نظرية، وقد يكون ذلك راجعا إلى أن الحركة التكتونية فى منطقة ما قد نشأت عن سببين أو أكثر، وربما يكون نتيجة لسبب آخر غير معلوم.

أ- نظرية الانكماش Contraction Theory

طبقا لهذه النظرية، فإن الصخور الخارجية للقشرة الأرضية، تتجعد Crum-pled نتيجة لبرودة الجزء الداخلى من الأرض ومن ثم انكماشه. وقد ينشأ الانكماش نتيجة للضغوط الهائلة التى تؤثر فى الأرض وكأنها تعصرها مما يقلص من حجم الأرض وبالتالى يؤدى إلى انكماشها. . أو قد يكون السبب هو الصخور النابطة extrusive التى تخرج إلى سطح الأرض.

ب- نظرية الحمل الحرارى Convection Theory

تقترح هذه النظرية أن تيارات الحمل فى الصخور المنصهرة تحت سطح القشرة الأرضية، تتسبب فى تمدد الصخور الصلبة قرب سطح الأرض واندفاعها إلى أعلى. وتنشأ الحرارة اللازمة لإحداث تيارات الحمل من الاضمحلال الإشعاعى radioactive decay للعناصر مثل اليورانيوم ·وطبقا لهذه النظرية، فإن تيارات الحمل الدوارة circulating ينشأ عنها سَحْبٌ احتكاكى frictional drag تحت سطح القشرة، وبالتالى تنشأ عنه إزاحة قشرية crustal displacement (شكل ٥٢).



شكل (٥٢)
تيارات الحمل فى الوشاح الصخرى (بالأسهم)
وعلاقتها بالقشرة الأرضية

جـ- نظرية الانجراف القارى Continental Drift Theory

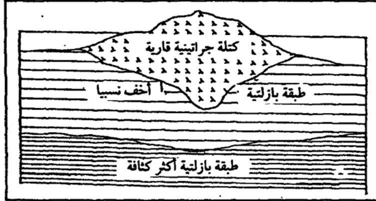
تفترض هذه النظرية أنه كانت هناك أصلا قارة واحدة هائلة، ثم تكسرت هذه القارة إلى أجزاء عديدة انجرفت بعيدا بعضها عن البعض. وكان هذا الانجراف

أو «الطفو floating» ممكنا، حيث إن القـارات تتكون إلى حد كبيـر من الجرانيت وكثافته أقل من كـثافة المواد البازلتية التى توجد أسفل الجـرانيت. ومع تحرك مقدمة الكتلة البرية المنجرفة إلى الأمام، يحدث سـحب احتكاكى للمواد التى تحت القشرة ويؤدى ذلك إلى تجـعد الحافـات القارية فـتكونت بذلك سلاسل الجـبال السـاحلية المطوية لأوروبا وأمـيركا الشـمالـيـة وأمـيركا الجنوبيـة. وإذا نظرنا إلى نموذج الكرة الأرضيـة، فإننـا سوف نرى كـيف نشأت هذه الفكرة، وسـوف نلاحظ أن خطوط الساحل على كل من جـانبى المحيط الأطلنطى تتشابه جـيدا بشكل مثيـر للدهشة. وبالإضافـة إلى ذلك، فإن بعض أحزمـة الجبال الأقدم فى أمـيركا، تظهـر وكـأنها استمـرار لأحزمة جـبال شبيهة بها فى القارات الشرقيـة. وهناك أدلة أكثر لتوضيح هذه النظرية من حـقائق اكتـشفت أخـيرا (فى خـريف ١٩٦٩) فى القارة القطبـية الجنوبية Antarctica حـيث وجدت بقـايا حيـوان برمائى من الدور الجـوراسى لم يوجد سابقـا إلا فى أميركا وأفريقـيا. ويعتقد أن هذا المخلـوق قد دخل إلى المنطقة حينمـا كانت الكتل البـرية متـصلة. ولو كان الأمـر كذلك، فإن عـملية انفـصال القارات لا بد وأن تكون قد حدثت فى الدور الجوراسى أو بعده. وهناك أدلة أخرى تعضد نظرية الانجراف القارى، مثل تطور القرود فى أماكن مختلفة من العالم.

د- توازن القشرة الأرضية Isostasy

تنص نظرية توازن القـشرة الأرضيـة على أنه عند عمق مـعين من الأرض، تكون أجزاء مختلفـة من القـشرة فى حالة توازن مع أجزاء أخرى غيـر مـساوية لها فى السمك (الثخانة). وتـفسر الاختلافات فى الارتفاع لهـذه الأجزاء القشرية بأنه نتيجة للاختـلافات فى كثافتها. وتبعا لذلك، فـإن القارات والمناطق الجبلية تكون عالية لأنهـا تتكون من صخور أخف، وأحـواض المحيطات تكون أكثر انخـفاضا، لأنها تتكون من صخـور أعلى كثافة (أثقل) (شكل ٥٣). وعندمـا يحدث تحات للقارات وتـراكم الرواسب فى المحيطات، فـإن قاع المحيط ينخـفض بسبب الوزن المضاف من الرواسب المتراكمة. وهذا يسبـب إزاحة الصخور تحت القشرية اللدنة، والتى تدفع القارات إلى أعلى. وتساعد عمليات التحات التى تزيل المواد الصخرية على عملية إزاحة القارات إلى أعلى، وبالتالى تجعل القارات أخف ولها قابلية أكثر لعـمليـات الرفع إلى أعلى. ونـظرا لأن عـمليـات الضـبط الأيزوسـتـاتيكى

Isostatic Adjustment تكون أساسا رأسية فى طبيعتها، فإن هذه النظرية لا تفسر تأثير قوى التضاغط الأفقية. ومع ذلك فإن نظرية توازن القشرة الأرضية تعطى بعض التفسيرات لعدم تكون سطح مستوٍ دائم لوجه الأرض كنتيجة لتحات القارات وما يتبع ذلك من ترسيب فى أحواض المحيطات.



شكل (٥٣)

صخور جرانيتية قارية خفيفة نسبيا ترتكز على

صخور بازلتية أعلى كثافة

ومن الجدير بالذكر أن عملية إعادة الضبط الأيزوستاتيكى readjustment isostatic الذى تبع نهاية العصر الجليدى، يعتقد أنها قد تكون السبب فى عملية رفع اسكاندنافيا، ويتوقع أن تتسبب هذه العملية فى رفع المنطقة مئات عديدة أخرى من الأقدام قبل أن تعود إلى حالة التوازن.

وقد جرت مناقشات علمية كثيرة لبحث أصل فحم الأنثراسيت، فبعض العلماء يضعونه ضمن الصخور الرسوبية، والبعض يصنفونه مع الصخور المتحولة، لكن لا يزال النقاش مستمرا والمسألة فى حاجة إلى المزيد من البحث.

الفصل السادس

التجوية وتكوين التربة

WEATHERING AND SOIL FORMATION

تعد التجـوية من أهم العمليات الجيولوجيـة التى تؤدى إلى تفكك الصخور على سطح الأرض بفعل عـوامل فيزيقيـة أو كيميـائية، كذلك تعد مـصدرا لمعظم المواد التى تكون الصخور الرسوبية. وعملية الـتجوية مهمة أيضا فى تشكيل سطح الأرض، وهى المسئولة عن تكوين التربة. والكُسارة الصخرية التى تنتج عن عملية التجـوية، قد تنقل من أمـاكنها بواسطة عـمليات التـحات. وباستـمرار عـمليات التجـوية والتحات فى عـمليهمـا فإن ذلك يؤدى إلى بلى وتفكك صـخور سطح الأرض. وفى هذا المجـال لابد أن نذكـر فـعل الماء والرياح والمثـالج فى عـمليـة التـعرية؛ وسـوف نتناول ذلك بالدراسـة فى الفـصلين السـابع والثـامن من هذا الكتاب.

١- التجوية الفيزيقية Physical Weathering

تحدث التجوية الفيـزيقية أو الميكانيكية mechanical عندما تتفتت الصخور إلى كسر أصـغر وأصغر دون أن يطرأ تغـيير فى تركيـبها الكيميـائى؛ ويعرف هذا النوع من التـجوية باسم التـفكك. وتنشـأ التجـوية نتـيجـة للعديد من العـوامل الفيزيقية:

• فعل الصقيع Frost Action

عندما تـتجمد المياه فى شـقوق الصخـور وفى فجـواته، فإنها تـتمدد. وقد يصل الضغط الناشـئ عن هذا التجمـد إلى نحو ٢٠٠٠ رطل / البوصـة المربعة.

وهناك نوعان لعملية التمدد هذه، هما: التجمد بالدسر (الحشر) frost - wedging، والتجمد بالانتفاخ frost - heaving. وينتج عن هذين النوعين من التمدد ضغط كاف لتفكك الصخور وتفتيتها. ففى النوع الأول (التجمد بالدسر) يكون الضغط موجها جانبيا، أما فى النوع الثانى (التجمد بالانتفاخ) والذى يحدث عادة فى الصخور غير المتصلبة، فإن الضغط الناشئ يكون اتجاهه إلى أعلى، مما قد يسبب دمارا فى الأساسات والمنشآت. كذلك يتسبب فعل الصقيع وأثره فى الصخور فى تكوين الحطام على سفوح الجبال، مثل الموجود حول سنودون Snowdon بإنجلترا. ويؤدى أثر الصقيع مع عوامل أخرى إلى تكوين الركام الصخرى عند سفوح الجروف البحرية، ويعمل المد والجزر على إزالة هذا الركام مما يؤدى إلى تكوين الرصيف الموجى المقطوع wave- cut platform، مثل رصيف ستراندفلات Strandflat فى النرويج.

• التسخين والتبريد المتبادل Alternate Heating And Cooling

فى بعض المناطق، وبخاصة المناطق الجبلية والصحروات، تتعرض الصخور إلى تغيرات حرارية كبيرة ودائمة، نتيجة لانخفاض درجة الحرارة ليلا والتى قد تصل إلى درجة التجمد على قمم الجبال العالية؛ بينما تسخن الصخور أثناء النهار. وتتكرر هذه العملية على مدى زمنى طويل، فيتسبب التمدد والانكماش الصخرى فى تكوين شقوق صغيرة وفراغات تسمح لعوامل فيزيقية أو كيميائية أو حيوية أن تؤدى دورها فى عملية التجوية؛ مثل فعل الصقيع frost action أو عمليات الذوبان. كذلك فإن الحرارة التى تنشأ عن حرائق الغابات والبرارى تساعد على التفكك الفيزيقى للصخور، وأيضا تسبب تقشر بعض الصخور، فينتج عنها أغلفة صخرية منحنية تنفصل عنها بفعل التغيرات الحرارية. وقد ينتج عن ظاهرة تقشر الصخور أصوات حادة ناتجة عن انفلاقها، تسمع بوضوح بالليل كرد فعل للانفلاق. وعلى الرغم من المشاهدات التى أشرنا إليها بخصوص تأثير التسخين والتبريد المتبادل على تفكيك الصخور، فإن علماء الجيولوجيا لا يزالون غير متأكدين من الدور الحقيقى الذى يلعبه الاختلاف فى درجات الحرارة وأثره فى تفتيت الصخور.

•الأنشطة العضوية Organic Activities

تساعد النباتات والحيوانات على تفكك الصخور، كذلك فإن جذور الأشجار التى تنمو بوفرة فى شقوق الصخور، يمكن أن تكون عوامل مساعدة فى تفتيت الصخور، ويشبه دورها الدور الذى يلعبه الصقيع تماما. والحيوانات القارضة والحفارة مثل الفئران والديدان والنمل، لها القدرة على تفكيك الصخور ونقل فتاتها إلى سطح الأرض، مما يعرض سطوحا جديدة لعملية تجوية جديدة أخرى. ولا بد أيضا من الإشارة إلى أنشطة الإنسان، وما ينشأ عنها من تفتيت للصخور وذلك مثلما يحدث عند إنشاء الطرق واستغلال المناجم والمحاجر، وكذلك استعمال الأرض فى أغراض الزراعة.

٢-التجوية الكيميائية Chemical Weathering

ينتج عن التجوية الكيميائية (التحلل decomposition) تغير فى التركيب الكيميائى للمعادن الأصلية المكونة للصخر، فتنتج معادن جديدة بدلا من تلك التى تعرضت للتجوية الكيميائية. كذلك فإن التجوية الفيزيقية تؤدى إلى تفكيك الصخر الأصلى وجعله فى صورة غير متماسكة مما يساعد على إتمام التجوية الكيميائية. وبالرغم من أن التجوية الكيميائية تتم بطرق كثيرة، إلا أن أشهرها وأكثرها تأثيرا هى عمليات الأكسدة oxidation، والتموه hydration والكربنة carbonation، والذوبان solution.

•الأكسدة Oxidation

تحدث عملية الأكسدة عندما يتحد أكسجين الهواء مع المعدن لتكوين أكسيد. والمعادن والصخور المحتوية على مركبات الحديد هى الأكثر عرضة لعمليات الأكسدة والتحلل الكيميائى. وتؤدى أكسدة معادن الحديد إلى تكوين الصدأ Rust. وتعزى الألوان التى تتلون بها الصخور فى الطبيعة إلى وجود معادن الحديد التى تلوّن الصخور والتربة بالألوان الصفراء والحمراء والبنية.

وتوجد مركبات معينة مثل البيريت FeS_2، تكوِّن أحماضا عندما تتأكسد، وتهاجم الأحماض المتكونة الصخور، مما يعمل على اكتمال عملية التحلل الكيميائى.

•التموّه Hydration

يقصد بعملية التموه، اتحاد الماء بأية مادة أخرى. ويتعرض الكثير من المعادن والصخور لعملية التموه فيؤدى ذلك إلى تكوُّن مركبات جديدة وبخاصة السليكات المائية والهدروكسيدات. ومثال ذلك تكون معدن الجبس من معدن الأنهيدريت وتفاعل معدن الهيماتيت مع الماء فيتكون الليمونيت limonite. وتؤدى عملية التموه أيضا إلى تكوين معادن الصلصال من معادن الفلسبار. وينتج عن عملية التموه (إضافة الماء) زيادة فى حجم الصخر وتمدده، وبهذا توجد أماكن ضعف جديدة فى الصخر، مما يعُدّها لسرعة التأثر بالتجوية الفيزيقية.

•الكربنة Carbonation

يتحد غاز ثانى أكسيد الكربون الموجود أساسا فى الجو والماء والتربة مع بعض معادن الصخور فيؤدى ذلك إلى تغيير جوهرى فى تركيبها الكيميائى، فتنتج مواد جديدة هى الكربونات carbonates والبيكربونات bicarbonates، بعضها قابل للذوبان فى الماء، مما يؤدى إلى إزالتها بعد ذوبانها فينتج عن ذلك فجوات وشقوق فى الصخور تساعد أيضا على نشاط عمليات التجوية .

ويعد حمض الكربونيك H_2CO_3 الذى ينتج عن اتحاد غاز ثانى أكسيد الكربون CO_2 مع الماء، عاملا مؤثرا فى ذوبان الحجر الجيرى $CaCO_3$ وصخر الدولوميت $CaMg(CO_3)_2$.

•الذوبان Solution

تقوم عملية الذوبان؛ وهى التى تتم بواسطتها إذابة المعادن والصخور، بدور مهم فى التجوية الكيميائية . ومع أن الماء له دور مؤثر فى عملية الذوبان، إلا أن وجود حمض الكربونيك والأحماض الأخرى التى تنتج عن تحلل أجسام الكائنات الحية أو نفاياتها، تعجّل وتساعد فى إتمام عملية الذوبان. وتتم هذه العملية عن طريق الماء الذى يتغلغل فى الصخور، فيزيل مواد صخرية ومعادن وأجزاء من التربة عند نزّ seepage المياه إلى أسفل.

وتعرف التجوية بالذوبان solution weathering باسم الذوبان بالترشيح leaching، حيث تؤدى العملية إلى ذوبان المواد اللاحمةcementing materials في الصخور الرسوبية، فيؤدى ذلك إلى تفككها وتجويتها . ومن أكثر أمثلة الصخور شيوعا للتأثر بهذا النوع من التجوية هى الأحجار الجيرية . ويمثل التمفصل jointng الذى يوجد بكثرة فى الأحجار الجيرية نقط ضعف فى الصخور مما يساعد على ذوبانها. وتعد المغارات، والحفر القدورية، والصواعد والهوابط stalactites and stalagmites أمثلة واضحة لهذا النوع من التجوية الكيميائية، ويمكن مشاهدتها فى أماكن عديدة من بريطانيا مثل ووكى هول Wookey Hole وخانق شيدار Cheddar Gorge، وسمرست Somerset وكاسلتون Castleton ودربى شاير Derbyshire، ومالهام Malham، ويوركشير Yorkshire (شكل ٨٣) ويصاحب هذا النوع من التجوية فعل الأنهار الهدمى الذى سوف نتناوله بالدراسة فى الفصل السابع من هذا الكتاب.

٣- معدلات التجوية Rates of Weathering

تعمل قوى التحات بصفة عامة، على إزالة الوشاح الصخرى، أو الطبقة الوشاحية للصخور المفككة التى توجد أعلى طبقة الأساس الصخرى . وتتدهور طبقة الأساس الصخرى الموجودة تحت الوشاح نتيجة لتعرضها لعوامل التجوية المتعددة والمتكررة. ويتوقف معدل تجوية الصخور على هذه العوامل إلى حد كبير، حيث إن تركيب الصخر والظروف الفيزيقية السائدة، كذلك الظروف المناخية وطوبوغرافيا المنطقة والملامح الفيزيقية والبنيات الموجودة، كلها تؤثر بشكل كبير على معدلات التجوية.

• تركيب الصخر Composition of the Rock

يعد التركيب الكيميائى والمعدنى للصخر، عاملا مهما فى تحديد مدى تأثر الصخر بعمليات التجوية، وبصفة عامة فإن الصخور النارية هى صخور مقاومة لعمليات التجوية الفيزيقية، لكنها تتأثر بالتجوية الكيميائية بدرجة أكبر.

والحجر الجيرى وكثير من الصخور الرسوبية الأخرى مثل الدولوميت، تتأثر كثيرا بالتجوية الكيميائية وبخاصة عمليات الكربنة

carbonation والذوبان solution. وتعد طبيعة المادة اللاحمة التى تربط حبيبات الصخر بعضها ببعض عاملا مهما فى هذا الأمر؛ فمثلا الحجر الرملى السيليسى silicious sandstone الذى ترتبط حبيباته بمادة السليكا، يكون أكثر مقاومة لعمليات التجوية من الحجر الرملى الجيرى الذى تلتحم حبيباته بمادة الكالسيت.

أما الصخور المتحولة وبخاصة صخر الكوارتزيت quartzite، فتعد من أشد الصخور مقاومة لمثل هذه العمليات.

• الأحوال الفيزيقية للصخر Physical Conditions of the Rock

تساعد الشقوق والفجوات والفراغات الموجودة فى الصخور على تسهيل وإتمام عمليات التجوية. كما أنها تساهم فى التعجيل بتفكك الصخور وتحطمها. ويلاحظ أن سطوح الصخور الصلبة غير المتشققة تقاوم عمليات التجوية بدرجة كبيرة.

• الظروف المناخية Climatic Conditions

تتم عمليات التجويةوبخاصة الكيميائية منها، بسرعة أكبر فى المناطق التى تتميز بمناخ دافئ رطب، حيث تساعد كثرة الأمطار المتساقطة على ذلك. أما فى المناطق الجافة الدافئة فإن التجوية الفيزيقية تكون لها السيادة، وتستمر فى عملها ببطء بالنسبة للتجوية الكيميائية. وينطبق الشىء نفسه على المناطق الشديدة البرودة.

• الطوبوغرافيا Topography

تتم عمليات التجوية بسرعة كبيرة فى المناطق التى تنحدر بشدة، حيث يتكون ركام السفوح والحطام الصخرى، الذى يتنقل من أماكنه بسرعة بسبب الانحدار، وهذا يؤدى إلى تعرض سطوح جديدة أخرى لعمليات التجوية. ومع زيادة الارتفاع تزداد كمية الأمطار وتنخفض درجات الحرارة، وهذا يساعد كثيرا على زيادة معدل عمليات التجوية.

• البنيات التركيبية Structures

فى أغلب الأحيان ، تؤدى عمليات التعرية إلى إزالة حنيرة (طية محدبة) بينما تبقى القعيرة (الطية المقعرة) فى مكانها كمعلم واضح. ومن المعلوم أن صخور

القمة فى الحنائر تحدث فيها عمليات شد، ومن ثم تكون أكثر عرضة لعوامل التجوية، بينما العكس هو الصحيح فى حالة القعائر.

ويمكن مشاهدة أمثلة من الطوبوغرافيا المقلوبة inverted topography فى مناطق «ويلد» Weald وكذلك فى «دفلزكيتشن» Devils Kitchen فى سنودونيا Snowdonia بالجزر البريطانية وهذه أنواع من التحات التمايزى differntial erosion الذى سوف نتناوله بالدراسة فيما بعد.

٤- تأثيرات التجوية Effects of Weathering

حينما يتأثر الأساس الصخرى بعمليات التجوية الكيميائية والفيزيقية، فإن تغيرات خاصة تحدث، ونذكر منها:

أ- التجوية التمايزية Differntial Weathering

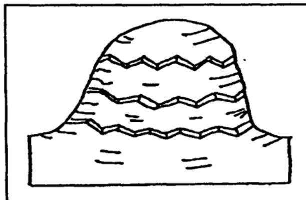
توجد أجزاء معينة فى الصخور المنكشفة، تكون أكثر استجابة لعمليات التجوية بدرجات متفاوتة، بحيث تكون هناك أجزاء من الصخر شديدة المقاومة فتظل ثابتة فى مكانها، بينما الأجزاء الأقل صلابة ومقاومة تستجيب بسهولة لعمليات التجوية وتتأثر بها ولذلك تظل من أماكنها.

هذا النوع من التجوية يسمى التجوية التمايزية differential weathring، وتحدث نتيجة للتباين فى التركيب المعدنى والبنيات التركيبية واختلاف المواد اللاحمة فى الصخور المختلفة، كذلك وجود الدرنات الصخرية concretions (انظر الفصل الرابع). وهناك كثير من المناظر الطبيعية الخلابة التى تكونت بفعل التجوية التمايزية.

ب- التقشر Exfoliation

تحدث عملية التقشر فى الصخور عندما تتفلق شرائح أو رقائق متموجة من أسطح هذه الصخور (شكل ٥٤) وتتباين الآراء حول السبب الحقيقى للتقشر، لكنه يبدو أن السبب قد يكون هو تبادل تسخين الصخر وتبريده بسبب الاختلافات فى درجة الحرارة بين النهار والليل. ونتيجة لتقشر الصخر، فإن كتلا منه تنفصل تاركة كتلا صخرية مكوّرة تعرف باسم قباب التقشر exfoliation domes. وتوجد

مثل هذه القباب فى أماكن مختلفة من العالم، مثل أفريقيا وأميركا الشمالية وأميركا الجنوبية.



شكل (٥٤)
قبة جرانيتية تكونت نتيجة للتقشر

جـ- التجوية الكروانية Spheroidal Weathering

قد تستمر عملية التقشر تحت ظروف معينة، حتى إنها تؤثر فى الجلاميد وتقلل من حجومها لتصبح أجساما كروية الشكل تقريبا (شكل ٥٥) وتنتشر ظاهرة التجوية الكروانية فى الصخور النارية الدقيقة التحبب، كذلك قد تحدث فى تكاوين الطفلة الكتلية.

د- ركام السفوح Talus or Screes

ركام السفوح هو الحطام الصخرى الذى نتج عن تجوية الصخور وتراكمه على سفوح الجبال والجروف والمنحدرات (شكل ٥٦) وفى بعض الأحيان قد يصل



شكل (٥٥)
جلمود تظهر فيه عملية التجوية الكروانية



شكل (٥٦)
ركام السفوح المتكون من تجوية الحطام الصخرى

سمك ركام السفوح المسمى صخور المنحدرات إلى مئات الأقدام. وعموما فإن ركام السفوح يتكون نتيجة لفعل الصقيع frost أو بفعل بعض عوامل التجوية الفيزيقية الأخرى وينحدر إلى أسفل المنحدرات بفعل عوامل الجاذبية.

٥- التربة Soil

هى الناتج الرئيسى من عمليات التجوية، وتتكون من صخور الوشاح المفككة والمحطمة والتى طرأت عليها تغيرات كثيرة جعلتها صالحة لنمو النباتات. وتحتوى معظم أنواع التربة على كميات معينة من الدبال humus؛ وهو مواد عضوية دكناء تنتج عن عملية تحلل المواد النباتية والحيوانية.

وهناك عناصر تتحكم فى تكوين التربة وكذلك فى نوعها فى المناطق المختلفة، وهذه العناصر هى:

أ- تركيب الصخر الأصلى.

ب- المناخ .

جـ- الطوبوغرافيا .

د- عامل الزمن .

هـ- أنشطة النباتات والحيوانات.

وعند تصنيف التربة إلى أنواع، فإن هذه العناصر تؤخذ دائما فى الاعتبار، كما سنتعرض له فيما بعد:

وتتكون التربة من أجزاء هى: **التربة العلوية topsoil** وتتمثل بالستة أو بالثمان بوصات التى تعلو ما يعرف باسم تحت التربة subsoil وهى أكثر دموجا وأقل خصوبة وأخف من التربة العلوية. وقد تكون التربة متبقية residual، وهى التى يكون مصدرها الصخور التى تحتها، أو تكون التربة منقولة، وهذه هى التى نقلت من مكان آخر بعيد، بفعل عوامل نقل مثل الرياح أو المياه أو الجاذبية أو المثالج؛ وتتميز التربة المنقولة بأنها تحتوى على صخور تختلف تماما عما يوجد تحتها من الأساس الصخرى.

• جانبية التربة Soil Profile

يتميز كـــل نوع من أنواع التربة المختلفة بجـانبية profile تميزه عن غيره. وتوجد لـكل نمط من التربة ثلاثة نطاقـات، كـل نطاق منهـا يختلف عـن الآخر الذى يعلوه أو يسفله ·وعلـى أســاس طبيعة هذه النطاقات فى التـربة الناضجة أو المتطورة تصنف التربة إلى أنواع، نذكرها فيما يلى:

- النطاق أ A- Horizon

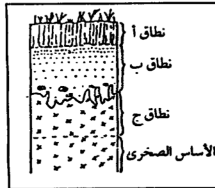
وهو أعلى نطاق فى جانبـية التربة ويوجد عند قـمتها، ويتكون أســاسا من كميات مختلفة من الدبال وقد حدثت له عملية ترشيح وتصفية leaching فى أثناء تكونه.

- النطاق ب B-Horizon

ويوجد أسفل النطاق أ، ويسمى «تحت التـربة»، ويحتوى فى المناطق المناخية الرطبة على كميـات جمّة من الصلصال وأكاسيد الحـديد، وعلى كميات قليلة من المواد العضوية.

- النطاق جـ C- Horizon

يتكون أساسا من الصخور الأصلية التى طرأ عليها تغير طفيف والتى تتدرج فى تركيبها إلى أسفل حتى تماثل صخر الأساس bedrock (شكل ٥٧).



شكل (٥٧)

جانبية التربة توضح نطاقات التربة المختلفة

٦- تصنيف التربة Classification of Soil

تصنف التربة إلى أنواع حسب الظروف المناخية السائدة التى تتكون فيها، وكذلك النباتات التى تصاحب هذه التربة.

• البودسول Podsol

وهو نوع التربة العادى أو الشائع فى بريطانيا، ويمكن مشاهدته بوضوح فى أجزاء من سَرى Surrey وفى هذا النوع يكون النطاق أ غنيا فى محتوى الدبال ثم يليه الطبقة المرشحة أو المصفاة leached، ثم النطاق ب B- horizon الذى يكون عادة ملونا بأكاسيد الحديد تكسب هذا النطاق ألوانا بديعة، وإلى أسفل توجد طبقة الأساس الصخرى، والنطاق جـ الذى يكون مجوّى جزئيا.

• الأديم البنى Brown Earth

يوجد هذا النوع من التربة فى مناطق الغابات التى تتكون فيها طبقات سميكة من الدبال وتكون عمليات التصفية leaching محدودة. ويشيع وجود هذا النوع من التربة فى المناطق الجنوبية والشرقية من إنجلترا.

• رندزناس Rendzinas

ويوجد فى مناطق الحجر الجيرى والطباشير، ويتكون من طبقة رقيقة من التربة، غالبا ما تكون حمضية وترتكز على الطباشير. وتتميز هذه التربة بوجود نوع مميز من الحشائش القصيرة.

• تربة غير ناضجة Immature Soil

وهذه توجد فى المرتفعات البريطانية، وتمثل معظم التربة التى كانت موجودة قبل عصر الجليد والتى أزيلت بواسطة المثالج، ومنذ ذلك الوقت لم يمر عليها الوقت الكافى لتتحول إلى تربة ذات جانبية كاملة.

• البدالفرز Pedalfers والبيدوكال Pedocals واللاتيريت Laterites

توجد هذه الأنواع فى أماكن كثيرة من العالم. وتتميز تربة البدالفرز بكثافة نباتية عالية وهى تميز المناخ الرطب المعتدل. أما البيدوكال فتتميز بمحتوى عال من كربونات الكالسيوم، وتوجد فى المناطق الخفيفة الأمطار ودرجات الحرارة العالية وتتميز بوجود الأعشاب والشجيرات. وتوجد تربة اللاتيريت فى المناطق الاستوائية الرطبة، وتتميز بالأدغال النباتية Jungle Vegetation.

الفصل السابع

العوامل الچيولوچية: المياه

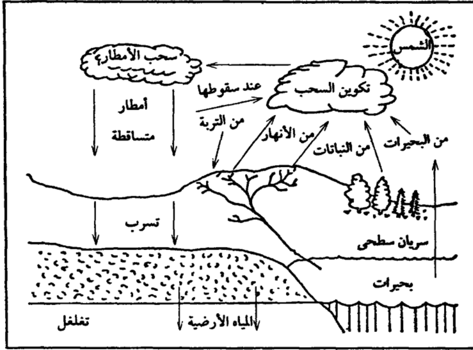
GEOLOGIC AGENTS: WATER

تعد المياه الجارية بلا شك أهم عامل من عوامل التحات. ومن المحتمل أنها تعمل على تحات الأرض أكثر من الذى تعمله عوامل التحات الأخرى مجتمعة. وتعمل الأنهار بصفة مستمرة على تغيير ملامح سطح الأرض وصياغة المعالم البرية الكبرى وتشكل الشكل المألوف لنا جميعا.

وتقدر كمية المياه المتساقطة على الكرة الأرضية فى كل عام بحوالى ٤٠٠٠ مليون طن من الماء. وبالرغم من أن معدل التساقط السنوى للمطر يختلف كثيرا من منطقة إلى أخرى، إلا أن معدل التساقط السنوى على الأرض قدّر بأربعين بوصة. ومن هذه الكمية يصبح حوالى ٢٢٪ إلى ٣٠٪ مياها جارية (وذلك هو الماء الذى يجرى على الأرض). ومعظم الأنهار السطحية تكونت من هذا الماء الجارى.

١- الدورة الهدرولوچية The Hydrologic Cycle

حتى نتفهم بالتفصيل أصل مياه الأنهار وتوزيعها النهائى، ستساعدنا كثيرا فى هذا الصدد بعض المعلومات عن الدورة الهدرولوچية. وهى دورة مستمرة، حيث يتبخر فيها الماء من البحار ويُحمل إلى الأرض حيث يتساقط أمطارا وثلوجا. وفى آخر الأمر، يعود مرة أخرى إلى البحر (انظر شكل ٥٨). ومعظم المياه الموجودة على سطح الأرض مصدرها من الغلاف الجوى كأمطار أو ثلوج. وفيما عدا النسبة المعينة ٢٢٪ - ٣٠٪ التى تحمل مرة أخرى إلى البحر كمياه جارية، فإن كثيرا من الماء يتسرب إلى باطن الأرض ويتغلغل عن طريق عملية الرشح ليصبح ماء أرضيا ground water ويعود الماء مرة أخرى إلى الغلاف الجوى نتيجة لعملية التبخر والتنفس (نتح النبات وإخراجه لبخار الماء).



شكل (٥٨)
الدورة الهدرولوجية

وبالإضافة إلى الماء الذى يكون مصيره الجريان.أو الرشح أو التبخر، فإن بعض الماء يبقى على سطح الأرض لفترات طويلة على هيئة مثالج (انظر المثالج فى الفصل الثامن).

٢-نماذج الصرف وأنماط الأنهار Drainage Patterns and River Types

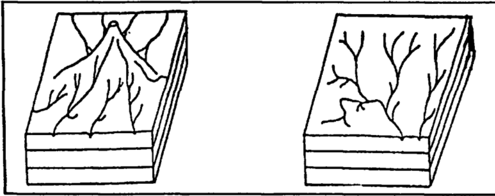
توجد أنماط عديدة من الأنهار تتردد فى الحجم من الأنهار الكبيرة، الطينية، والبطيئة كالميسيسيبى إلى الأنهار الصغيرة الرائقة والنهيرات المتدفقة من الجبال. والأنهار التى تجرى فقط خلال موسم الأمطار (أو خلال المواسم المطيرة) تسمى «المجارى المتقطعة intermittent streams». أما الأنهار الدائمة السريان فهى تلك التى نحرت واديها حتى اتصل بمنسوب الماء الأرضى ولذلك تسمى الأنهار الدائمة permanent streams.

• نماذج الصرف Drainage Patterns

الحقيقتـان المهمتان اللتان تحددان المسار الذى يسلكه النهر هما:

انحدار الأرض وطبيعة الصخور التى تسفل النهر. ومع اتخاذ الأنهار طرقها إلى البـحر، فإنهـا وروافدها تشـكلان نماذج مميزة. وتسـاعد دراسـة نماذج صرف الأنهار الجيـولوچيين على تفسير وتفـهم بنيات الصخور السفليـة وكذلك التاريخ الجيولوچى للمنطقة.

ونظرا لأن روافد أى نهر تدخل إلى مساره الأصلى، فهى تشبه أفرع الشجرة ولذلك يقـال عنها شـجيـرية dendritic وهذا ينطبق على مـعظم نماذج الصـرف (شكل ٥٩). وهذا النمـوذج الشجـيرى يمـيز المناطق التى توجـد تحتـها صـخور رسوبية مسطحة أو صخور نارية كتلية أو صخور متحولة. ويتكون النمط الشعاعى radial pattern حـينما تتـشعع مـجارى الصــرف فى كل الاتجاهات من منطقـة مركـزية مثل قـمة جبل مـثلا (شكل ٦٠) . وحينـما تتصـل الروافـد بنهـر كبـير وتتعامد عليه فيسمى النموذج بالتعريشة (نمط شبكى) trellis (شكل ٦١).

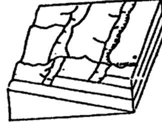


شكل (٦٠)
نمط صرف شعاعى

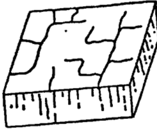
شكل (٥٩)
نمط صرف شجيرى

وهذا النموذج يُمثَّل بوضـوح فى المناطق التى تتميز صخورها بطبـقات مائلة ومكاشف ذات درجات مقاومة مختلفة. ففى مثـل هذه المناطق تتكون الوديان على طول مكاشف الصخـور الضعيفة، بـينما تقف الطبقات الأكـثر مقاومة علـى هيئة مقاسم مياه divides.

وهناك نموذج الصرف المستطيل rectangular pattern (شكل ٦٢) الذى يتكون فى المناطق التى تكون فيها طبقات الأساس الصخرى السفلية مشققة بدرجة كبيرة، ويتشابه هذا النموذج مع نموذج التعريشة trellis (قارن بين شكلى ٦١ و ٦٢).



شكل (٦١)
نمط صرف يشبه التعريشة



شكل (٦٢)
نمط صرف مستطيل

• أنماط النهر River Types

يصنف النهر على أساس العلاقة بين مجراه والصخور التى توجد فى أسفل المجرى، فالنهر الانحدارى consequent هو الذى يتبع اتجاه جريانه الانحدار الأصلى للأرض. ويتكون هذا النمط من الأنهار فى المناطق ذات التضاريس المنخفضة مثل الوديان الساحلية. والنهر اللاحق subsequent هو النهر الذى تغير اتجاه جريانه نتيجة لعملية الطى أو التشقق أو بسبب الاختلافات فى صلابة الصخور التى تسفله. وعادة تتبع روافد هذا النوع من الأنهار طبقات الصخور الرخوة soft rocks مثل الطفلة. ومن ناحية أخرى فإن النهر السالف antecedent هو الذى يتبع مجراه الأصلى بالرغم من حدوث أية عمليات رفع تنشط على طول مجراه (الأنهار اللاحقة subsequent ترى عادة كروافد للأنهار السالفة antecedent فى نموذج التعريشة trellis فى نماذج الصرف - انظر شكل ٦١).

والأنهار الراكبة superimposed هى تلك الأنهار التى نحتت مجاريها فى الصخور الرخوة التى تعلو الطبقات التى نشأت منها، ثم وضعت نفسها فوق الصخور الأقدم منها التى توجد أسفلها. ويكون للصخور التى توجد أسفل الأنهار الراكبة تركيب مختلف وكذلك بنيات مختلفة عن تلك الصخور التى ظهر فيها المجرى الأصلى.

٣- عمل الأنهار The Work of Rivers

على وجه العموم، يظهر عمل المياه الجارية ويبدأ مع الأمطار، فكثير من هذا العمل يبدأ مع الجريان. وقد تبدأ المياه عملها كما كانت صفحة من الماء sheet of water، لكنها سرعان ما تتحول إلى نهر. وتزداد كمية الماء الجارى فى منطقة ما، نتيجة لعوامل عدة منها:

أ- الانحدار الشديد.

ب- درجة النفاذية الضعيفة للمواد الصخرية السطحية.

جـ- غياب النباتات.

د- شدة الأمطار واستمراريتها وما إذا كانت الأمطار لفترة قصيرة أو كانت الأمطار غزيرة، أو خفيفة لكنها تمتد لفترة طويلة.

٤- تحات النهر River Erosion

يحدث تحات النهر بواسطة عمليات عديدة، يتعاون معظمها بعضه مع بعض وهناك عوامل مختلفة تشكل فى النهاية درجة ونوع التحات الذى سيحدث فى نهر ما، مثال ذلك:

• السحج (البرى) Abrasion or Corrasion

تعتمد قدرة النهر على السحج أو التحات الطبيعى على حمولة النهر (كمية المواد التى يحملها النهر فى وقت معين)· فكل حبة رمل أو حصاة أو جنمود تعمل كأداة قاطعة وقادرة على تعميق وتوسيع مهد النهر، وتعرف هذه العملية أيضا باسم التحات الميكانيكى للنهر· وتحدث عملية السحج حينما تحتك جسيمات الصخر بعضها ببعض أو تحتك بالطبقات الصخرية للمجرى عندما تحملها مياه النهر. وبالإضافة إلى ذلك، فقد يحدث حت أكثر وطأة عندما تصطدم الكسر الصخرية بالأساس الصخرى أو ببعضها البعض.

ويكون للسحج تأثير ملموس إذا كانت الأنهار تجرى بسرعة كبيرة ، وحمولة النهر ثقيلة، ويتحرك كثير من الحطام الصخرى حركة دوارة على قاع المجرى. ويمكن مشاهدة التأثيرات التى يحدثها هذا النوع من التحات فى الجلاميد أو الحصى الأملس التام الاستدارة، وكذلك فى ضفات الأنهار المقوضة من أسفل undercut على طول جوانب الأنهار.

• التآكل أو الذوبان Corrosion or Solution

للمياه الجارية أثر تآكُلى أو إذابى للصخور التى تنساب فوقها ويحدث هذا النوع من التحات النهرى فى المياه التى تحتوى على حمض الكربونيك (يتكون بفعل

النباتات والهواء) الذى يذيب المعادن الموجودة فى طبقات قاع النهر، ومن أشهر هذه الصخور القابلة للذوبان نسبيا، الحجر الجيرى والجبس والدولوميت وهى التى تتأثر إلى حد ما بالتأثير الإذابى لمياه النهر.

• الفعل الهدروليكى الاقتلاعى Hydraulic Plucking or Quarrying

حينما تكون طبقات قاع المجرى متشققة بدرجة كبيرة أو تكون درجة التحامها ضعيفة، فإن الفعل الاقتلاعى للنهر يكون مؤثرا فى مثل هذه المناطق، وحينما تكون التيارات المائية قوية، فإنها قد تدفع الماء فى مناطق الكسر على طول مجرى النهر، وبالتالى يمكن أن تزال المواد الصخرية من جوانب المجرى أو الطبقات الصخرية لقاع النهر.

• البِلَى الاحتكاكى Attrition

تحتك الجلاميد والكسر الصخرية بعضها مع بعض ومع جوانب النهر وتُحمل وتُدار فى مياه النهر وتتفتت وتقل أحجامها، وعندئذ فإن الكسر الصغيرة الناتجة عن هذه العملية تحمل بعيدا وتنقل بسهولة كبيرة إلى أماكن أخرى.

٥- معدل التحات Rate Of Erosion

يعتمد معدل التحات الناتج عن المياه الجارية على العوامل الآتية:

• حجم المجرى Stream Size

كلما زاد حجم الماء فى المجرى، ازدادت قدرته على حمل حمولة أكبر وبالتالى ازدادت قدرة النهر على التحات، وعلى هذا فإن التحات يبلغ مداه عندما تكون الأنهار فى وقت الفيضان، وتحمل معها كمية كبيرة من المواد.

• الممال والسرعة Gradient and Velocity

يقصد بالممال الانحدار الذى يسلكه النهر لأسفل ويكون ممال النهر مرتفعا عند المنبع وينخفض نسبيا عند فم النهر (المصب). وتزداد سرعة جريان الماء فى المجرى، إذا كان المجرى مستقيما وبه كمية كبيرة من المياه وضيقًا وخاليا نسبيا من العوائق.

• طبيعة الحمولة Nature of the Load

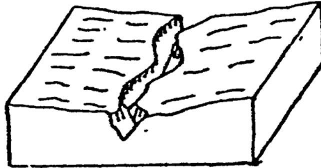
الأنهار التى تتبع طبقاتها مجرى ضيقا ومستقيما تتحات بشدة، إذا قورنت بالأنهار ذات المنعطفات النهرية meanders. والأنهار التى توجد فيها عوائق كثيرة مثل النباتات والجلاميد وغيرها من العوائق تقل سرعتها وكذلك قدرتها على الحمل.

٦- العمل التحاتى للنهر Effect of River Erosion

يعد عمل النهر التحاتى هو المسئول عن ظواهر چيولوچية عديدة ومهمة؛ من بين هذه الظواهر الأخاديد الطبيعية، والوديان المقطوعة، ومساقط المياه، والمسارع، والأسر النهرى، والمنعطفات النهرية، والبحيرات القوسية.

• وديان الأخاديد النهرية والأخاديد الطبيعية Stream- Cut Valleys and Gullies

تتحرك المياه الجارية فوق سطح الأرض وتقطع منخفضا أو مجرى يصبح فى النهاية واديا. وتبدأ معظم الوديان بأخاديد نهرية تزداد عرضا عمقا وطولا مع كل مطر. ويزداد طول الأخدود بالتحات العكسى headward «فى عكس اتجاه جريان الماء» عند النقطة التى ينصبُ فيها الماء فى الجزء الأعلى من النهر. وعندما تستمر عمليات التحات تتكون الوديان السبعاوية V-shaped valleys والتى تزداد عمقا بتحات طبقات قاع النهر وتزداد عرضا بتحات الضفاف. (شكل ٦٣) وقد يستمر التحات حتى يصل المجرى إلى المستوى القاعدى base-level، وهو المستوى الذى ينعدم عنده الممال ويتوقف الجريان.



شكل (٦٣)
وادٍ سبعاوى تكوَّن من التحات النهرى

ويعتمد تقدم الوادى فى تطوره على:

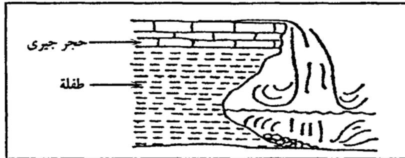
أ- حجم المياه المتدفقة. ب- سرعة المياه .

جـ- طبيعة الحمولة النهرية. د- درجة مقاومة صخور قاع المجرى .

وفى بعض الأحيان تتعمق بعض الوديان بسرعة أكبر من سرعة اتساع عرضها. وتسمى مثل هذه الوديان المَسيل أو الخانق أو الأخدود.

• المسارع ومساقط المياه Rapids and Waterfalls

حينما تحدث زيادة مفاجئة فى عمال النهر، فإن حركة الماء تزداد سرعتها وبذلك تتكون المسارع rapids. وتتكون مساقط المياه (شكل ٦٤) حينما يحدث هبوط رأسى أو شبه رأسى مفاجئ فى مهد النهر. وهناك أمثلة عديدة من مساقط المياه مثل مساقط نياجرا بأميركا الشمالية، حيث يمر النهر من صخور صلبة إلى صخور رخوة نسبيا، ويمر النهر فوق جرف تعلوه صخور الحجر الجيرى الصلبة وتسقط المياه على مواد صخرية أقل صلابة. والقوة المتتابعة للمياه المتلاطمة التى تسقط عند قاعدة الجرف تنحر فى صخور الطفلة التى توجد فى قاع الجرف فتقوض الحجر الجيرى وتؤدى إلى تحطمه. ويتكرر هذا فيدفع بعملية النحر والتقويض نحو عالية النهر. وتبدو مساقط المياه فى نياجرا نتيجة لذلك، كذلك فإنها تتقهقر بمعدل أربعة إلى خمسة أقدام فى العام. وأكبر مساقط المياه فى إنجلترا هى هادروفورس Hadrow Force فى ونسليدال Wensleydale (يوركشير)، وهى من نوع مساقط نياجرا. وقد رجعت القهقرى خلال خانق بطول ربع ميل فى تتابع



شكل (٦٤)

مقطع مستعرض لمسقط مياه

(لاحظ صخور الحجر الجيرى الصلبة التى تعلو المسقط)

من طبقات يوريدال Yoredale. وخلف مساقط المياه هناك يمكن مشاهدة طبقات الطفلة الرخوة وقد بليت وقوضت الصخور الأكثر صلابة التي تعلوها .وقد تتكون بعض مساقط المياه عندما تعبر الأنهار فوق متدخلات نارية، غالبا ما تكون أكثر صلابة، وبالتالي تكون أكثر مقاومة من صخر المنطقة. وهناك مساقط مياه تسبب في تكونها جدة قاطعة باسم وين سيل في إنجلترا Whin Sill كذلك فإن مساقط مياه فيكتوريا في روديسيا تندفع فوق هضبة كبيرة تتكون من البازلت لتسقط لمسافة ٤٠٠ قدم في قاع الخانق.

وهناك مساقط مياه أخرى مثل الموجودة في المتنزه القومي يوسميت Yosemite National Park، وهي المثال الكلاسيكي لمساقط المياه وقد تكونت هذه المساقط عند دخول الوديان المعلقة إلى الوادي الرئيسي (انظر الفصل الثامن) .ويعرف زوار سويسرا أحسن مثال للمساقط المائية في أوربا، والذي يوجد بين إنترلاكن Interlaken وجنجفراو Jungfrau. وهناك أمثلة أخرى توجد في بريطانيا في المناطق الثلجية في سنودونيا Snowdonia ومنطقة البحيرات Lake District وغرب اسكتلندا .وتمثل المسارع والجنادل والشلالات بقايا مساقط المياه القديمة، التي تقهقرت وأصبحت أقل ارتفاعا مع مرور الزمن.

• الحفر القدرية Pot - Holes

تتكون الدوامات المائية في مياه الأنهار السريعة فتدفع التيارات الدوامية الماء وما به من حمولة من الرمال والجرول في حركة دورانية rotary فتدور القطع الصخرية المحمولة في حركة طاحنة تحفر في قاع النهر حفرا دائرية ضحلة تسمى الحفر القدرية، يتردد قطر الواحدة منها من بوصات عديدة إلى أكثر من ٢٠ قدما.

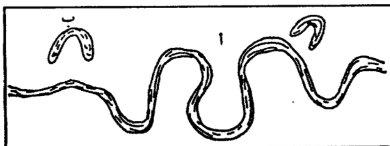
• القرصنة النهرية (الأسر النهري) River Capture

في بعض الأحيان قد يكون النهر جادا في عملية التحات النهري في اتجاه المنبع، فيتقاطع معه نهر آخر ويضمه إلى مجراه. وتسمى هذه الظاهرة باسم الأسْر النهري، وتنشأ نتيجة للتباين في معدل التحات النهري للنهرين. ويذكر أن نهر أوس Ouse في يوركشير أوقع في أسره العديد من الأنهار. وتعد ظاهرة القرصنة النهرية من ملامح أنماط الصرف في منطقة ويلد بإنجلترا Weald

وكمثال، فإن نهر رذر Rother الذى ينساب على طول طبقات ساندجيت Sandgate هو أسير لنهر أرون Arun ويدخل إلى البحر عند لتل هامبتون Littlehampton.

• المنعطفات النهرية والبحيرات الهلالية Meanders and Ox-bow Lakes

حينما يسمح عمال المجرى المائى بأن يكون هناك اتزان تقريبى بين كمية المواد التى يحتها النهر وكمية المواد التى يرسبها، فإن النهر يسمى فى هذه الحالة بالنهر المتدرج graded stream. مثل هذا النهر يستنفد معظم طاقته فى حمل حمولته أكثر من استخدامها فى القطع والنحر إلى أسفل، ومع ذلك فقد يحدث نحات جانبى lateral erosion أو نحر جانبى للصخور side cutting ويصبح قاع الوادى أكثر عرضا. ومع نمو الوادى، فإن مجرى النهر يحتل عادة جزءا صغيرا من أرضية الوادى. وهذا يسمح للنهر بأن يجعل مجراه ملتويا wandering ومنعطفا winding يتميز بوجود العديد من الالتواءات التى تشبه حرف (S) والتى تسمى بالمنعطفات النهرية meanders (شكل ٦٥ أ). وقد تنحنى بعض المنعطفات بشدة لدرجة أن يصبح الفاصل بين نهايات المنعطف جزءا ضيقا من الأرض يشبه الرقبة. وفى أثناء زمن الفيضان قد يخترق النهر هذه «الرقبة» وبالتالى يعزل المنعطف عن باقى النهر. وإذا بقى الماء فى الجزء المعزول من المجرى، سمى هذا الجزء بحيرة هلالية ox - bow lake (شكل ٦٥ ب). مثال جيد للأنهار الانعطافية يمكن مشاهدته بالقرب من نيوهيفن New haven، فى سسكس Sussex بإنجلترا، وكذلك فإن نهر الأردن Jordan يعد مثالا آخر للأنهار الانعطافية البطيئة الحركة.



شكل (٦٥)

المنعطفات النهرية والبحيرات الهلالية

(أ) منعطف نهرى.

(ب) بحيرة هلالية.

• الأنهار المجدولة Braided Streams

يتميز النهر المجدول بوجود سلسلة معقدة من الأفرع التى تتصل بعضها ببعض ثم تتفرق مرة أخرى وهكذا، وتمتلئ هذه الشبيكة من الأفرع بالعديد من الحواجز الرملية sand bars، وهى تجمعات رملية ترسبت من حمولة النهر الزائدة.

٧- الأنهار عامل للنقل Transportational Work of Rivers

النهر مثل كل عوامل التحات، يحمل معظم حمولته من المواد التى تكسرت من القشرة الأرضية. وفى كل عام تتفتت كميات هائلة من الرواسب تقدر بألف مليون طن تحملها الأنهار لترسبها فى البحار. هذه الكُسارة الصخرية ستكوّن الصخور الرسوبية للتاريخ الچيولوچى الذى يلى ذلك الترسيب.

وتعتمد قدرة النهر على الحمل على سرعة وحجم الماء فى المجرى. ونظرا لأن أية زيادة فى حجم الماء تتبعها زيادة فى سرعته، لذلك نجد أن قوة النهر على الحمل ترتبط أكثر بسرعته وتغيرها. ومن ثم تكون للأنهار - سعة نهرية أكبر capacity (قدرتها على حمل أقصى كمية من الرواسب)، وكذلك تكون لها قدرة أكبر competency (القدرة على حمل الحجوم الكبيرة من الصخور)، فى فترات الفيضان. ويمكن مشاهدة الجلاميد الكبيرة والركام الصخرى فى أرضية نهر لين بإنجلترا River Lyn الذى ينساب بهدوء بين ووترزميت Watersmeet ولين موث Lynmouth، حيث تلقى هناك نتيجة لكوارث الفيضانات التى حدثت فى الماضى. وحمولة الأنهار قد تنقل حمولة عالقة أو حمولة ذائبة أو حمولة متدحرجة على طول قاع المجرى المائى.

• الحمولة الذائبة Dissolved Load

تحمل المواد الذائبة فى محاليل وهذا ما يسمى باسم الحمل غير المرئى invisible load، ويختلف طبقا لدرجة ذوبان صخور المجرى التى يجرى فيها النهر.

● الحمولة العالقة Suspended Load

معظم المواد التى تنقلها الأنهار تكون فى صورة عالقة بين القاع وسطح المجرى، ومن أمثلة الرواسب التى تمثل هذا النمط الرمال والغرين والصلصال.

● حمولة القاع Bed Load

تنقل كميات كبيرة من كِسَر الصخور المفتتة حمولة متدحرجة أو منزلقة على طبقات قاع النهر. وقد تنقل الكسر الصخرية وتتحرك وكأنها تثب نتيجة لدفعها بقوة التيار. وتنقل الكسر الصخرية بأية واحدة من الطرق التى ذكرت ويقال إنها تحركت بفعل قوة السحب traction وكونّت حمولة الأرضية أو القاع bed load.

٨- الترسيب Deposition

يرسب النهر حمولته التى يحملها عندما تقل سرعته وقدرته، بسبب عوامل مثل:

أ- نقص ممال المجرى. ب- نقصان حجم الماء.

جـ- نقصان سرعة الماء. د- وجود عوائق فى مجرى النهر.

هـ- زيادة عرض وتوسيع طبقات المجرى.

و- زيادة الحمولة النهرية.

ز- التجمد.

ح- دخول المجرى فى وسط مائى هادئ أو ذى سرعة أقل.

وتسمى المواد المترسبة بالمواد الطمية alluvium. وتحتوى المواد الطمية على مواد فُرِزَت على أساس حجمها، وعليه، فإنها تترسب على شكل طبقات، إذ ترسب المواد الأكثر غلظا عند قاع الطبقة. وبالإضافة إلى ذلك فإن المواد الطمية تتكون عادة من كسر صخرية استدارت وصارت ملساء بفعل عملية السحج النهرى river abrasion.

● المراوح النهرية والمخاريط الطمية Alluvial Fans and Alluvial Cones

المراوح النهرية (التلاع) هى رواسب مروحية الشكل ذات درجة ميل متوسطة توجد عند أقدام الجبال (البطاح)، وتتميز بها المناطق شبه القاحلة.

وتتكون هذه التراكمات من الغرين والرمل والجرول والجلاميد التى ترسبت فى نهر جبلى سريع السريان نقص مماله بدخوله أرضا مستوية لينساب عند قدم الجبل. وتسمى الرواسب ذات درجة الميل الشديدة المخاريط الطميية alluvial cones ويتراكم الحطام الصخرى الذى جلبته الجاذبية على منحدرات المخاريط الطميية ليستقر على المنحدرات بزاوية ٤٠ تقريبا. بينما يستقر الحطام الصخرى على منحدرات التلاع بزوايا أقل.

ويوجد فى بعض المناطق فى غرب الولايات المتحدة عدد من التلاع (المراوح النهرية) يتصل بعضها ببعض عند بطاح السلسلة الجبلية لتكون ما يسمى بطاح الوديان الطمية plains piedmont alluvial.

• الدلتات Deltas

حينما يدخل النهر فى جسم مائى كبير مثل بحر أو بحيرة، فإن سرعته تقل بشكل فجائى، فيرسب كثيرا من حمولته؛ وتسمى الرواسب التى تتوضع تحت هذه الظروف باسم الدلتا. ودلتا نهر الميسيسبى والتى تغطى مساحة تقدر بحوالى ١٢ ألف ميل مربع وكذلك دلتا النيل التى تغطى ١٠ آلاف ميل مربع، هى مناطق خصبة لما تحتويه من رواسب طميية، ولذلك فهى من المناطق المزروعة بكثافة كبيرة.

وحينما تكبر الدلتا وتتسع، فإن النهر الرئيسى ينساب فوقها ليكون أفرع جديدة له distributaries. ولا توجد الدلتات فى بريطانيا بكثرة، لكنه يمكن مشاهدتها حينما ينساب نهر فى بحيرة كما فى مناطق البحيراتlake district. وفى الماضى لعبت الدلتات دورا مهما فى تشكيل البنيات والتاريخ الجيولوچى فى بريطانيا. كما فى وصلة رواسب الدور الديفونى البحرية مع الحجر الرملى الأحمر القديم Old Red Sandstone فى جنوب غرب بريطانيا. ولا تزال الدلتات الشائعة توجد فى أجزاء أخرى من دول الكومنولث مثل الهند وباكستان ونيچيريا.

• سهول الفيضان Flood Plains

تسمى أيضا سهول الأنهار أو مسطحات الوديان، وتتكون عندما يطفح النهر فوق ضفتيه فى وقت الفيضان نظرا لزيادة حجم الماء فى المجرى. ويفقد النهر جزءاً

كبيرا من سرعـته عندما يتعدى حدود مجراه ويرسب جزءاً كبـيرا من حمولته على أرض الوادى. وكثير من الأنهار فى بريطانيا كونت سهولا فيضانية عند الامتدادات السفلية منها lower reaches.

- **الشرفات النهرية River Terraces**

حينما تؤثر عوامل التحات على بقايا السهول الفيضانية فإنها تكون ما يسمى بالشرفـات النهرية وهذه الشرفات تكـون أعلى طوبوغرافيا من السـهول الفيضـانية المحيطة بها. وهناك شرفات نهرية فوق السهول الفيضانية لنهر التيمز Thames عند مستويات واضحة تماما.

- **الضفاف الطبيعية Natural Levees**

حينما ينساب النهر فـوق ضفتيه ويتعداهما حتى يغطى سـهل الفيضان، فإنه يفقـد أقصى كمـية من حمـولته على طول ضفـاف المجرى وهنا تترسب الحـمولة الأكثر غلظا فى حجوم حبيـباتها، وتؤدى هذه العملية إلى تكوين حيد Ridge أو جسر embankment يسمى ضفة طبيعية natural levee وقد ترتفع الضفة الطبيعية ٢٠ قدما فـوق مستوى السهل الفيـضانى المحيط بها، فتكوّن سـدا واقيا للأراضى المنخفضة خلال فصول الفيضان.

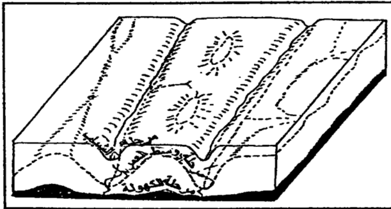
٩- دورات التحات Cycles of Erosion

يقـول بعض الچيولوچيين إن التحات يحدث وفق دورة محددة، بالرغم من أنه يندر وجود مثال واحد يدل على دورة تحاتية متكاملة. وفى بعض الأحيان، قد تتوقف دورة التحـات إذا حدثت عملية اسـتعادة الشباب أو التـصابى للأنهار Re-juvenation وتحدث هذه العمليـة عندما يصل مستوى التحـات فى منطقة ما إلى المستوى القـاعدى، ثم ترتفع المنطقة مرة أخرى ويزداد ممال النهر ويعـجل عمليات التحات. وعلى وجه العموم فإن دورة التـحات تبدأ بحت منطقة ما حتى تصل بها إلى المسـتوى القاعدى، ثم تـتبعها عـملية رفع جديدة، حـينما يبدأ التـحات من جديد.

وبالرغم من أن الجيولوجيين يختلفون على صحة هذا المفهوم إلا أنه، وبدون شك، قد زودنا بمعلومات كثيرة عن تطور كثير من الأصقاع. وفيما يلى مناقشة عن هذا المفهوم وكيف أمكن تطبيقه لمعرفة كيفية تكون وديان الأنهار والأشكال الإقليمية لمعالم سطح الأرض وتطورها.

١٠ - دورة تحات وادى النهر River- Valley Erosion Cycle

حينما ترفع القوى التكتونية منطقة ما فوق المستوى القاعدى، فإن النهر يواصل الحت ليصل بطبقة قاع الوادى إلى المستوى القاعدى مرة أخرى. ونتيجة لعملية التحات هذه تتكون السهوب peneplains وهى مناطق شاسعة ذات ارتفاعات وتضاريس منخفضة. وتظهر مثل هذه السهوب فى تحات حنيرة (طَيَّةُ) ويلد Weald anticlinorium المركبة حيث يوجد على سبيل المثال تسوية واضحة بمقدار ٢٠٠ قدم فوق منسوب سطح البحر. ومثل هذا النوع من التحات يعرف باسم دورة تحات وادى النهر river - valley erosion cycle؛ وتحدث فى ثلاث مراحل محدَّدة هى مراحل الشباب والنضوج والشيخوخة. ويوضح جدول رقم ٤ وشكل ٦٦ خصائص وملامح كل مرحلة فى دورة تحات وادى النهر.



شكل (٦٦)
دورة تحات وادى النهر

• مرحلة الشباب Youthful Stage

فى مرحلة الشباب، تكون الوديان عميقة وذات جوانب شديدة الانحدار ولها شكل سبعاوى V- shaped، ولا تتكون فى هذه المرحلة السهول الفيضانية. والأنهار التى تحتل أودية فى مرحلة الشباب لا تزال فوق المستوى القاعدى ولا تزال

نشيطة فى حتها للصخور المكونة لقيعانها. وهذه تسمى الأنهار الشابة youthful streams، وتتميز بأن لها مجارى مستقيمة تقريبا، كما تتميز بوجود المسارع ومساقط المياه وبوجود عدد قليل من الروافد نسبيا، وهذه الملامح توجد عادة بالقرب من منبع النهر.

• مرحلة النضوج Mature Stage

فى هذه المرحلة يعمق النهر من واديه وتقل درجة مماله، ولا توجد فيه مسارع أو مساقط مياه فى هذه المرحلة التى تتكون فيها أيضا المنعطفات النهرية. ويستدل على نضوج الوادى من الطبيعة المنبسطة لأرضيته ومن السهول الفيضانية الواضحة، ومن أحزمة المنعطفات النهرية العريضة (الواسعة) وما يصاحبها من بحيرات هلالية.

جدول رقم (٤): دورة تحات وادى النهر

الجانبية المستعرضة	مرحلة الشباب	مرحلة النضوج	مرحلة الشيخوخة
الممال التحات	شديد وديان متعمقة	متوسط وديان متسعة ومتعمقة	بسيط - لطيف وديان متسعة
شكل المجرى	مستقيم	يبدأ فى الانعطاف	به منعطفات متسعة
قاع الوادى	توجد به سهول فيضانية صغيرة أو لا توجد	توجد سهول فيضانية واضحة	توجد سهول فيضانية متسعة
الروافد	عدد قليل وصغيرة الحجم	الحد الأقصى	قليلة العدد لكنها كبيرة الحجم
ملامح خاصة	وجود المسارع ومساقط المياه	وجود بعض البحيرات الهلالية	وجود الكثير من البحيرات الهلالية والضفاف الطبيعية وسهول الفيضانات المستنقعية

• مرحلة الشيخوخة Old- age Stage

تستمر عملية التحات فى هذه المرحلة لـينتج عنها وديان متسعة جدا وضحلة وتتميز بسهول الفـيضان ورواسبها الممتدة وكذلك بالعديد من الـبحيرات الهلالية. مثل هذه الوديان والأنهـار المنشئة لها يقـال إنها فى مرحلة الشيـخوخة (old-age) وعادة ما تكون الأنهـار التى بلغت مرحلة الشيخوخـة بطيئة الحركة أو راكدة، ولها ممال بسيط، وتتـميز مجـاريها بالمنعطفات الكثـيرة والبحـيرات الهلالية والضـفاف الطبيعية.

• انقطاع دورة وادى النهر Interruption of the River - Valley Cycle

ذكرنا سابقا أن دورة تكوّن الوادى قد تنقطع نتيجـة لعملية التصابى، وحينما يحدث ذلك، فإن النهر يستمر فى عمليـة التحات إلى أسفل نتيجة لزيادة مماله، مما يؤدى إلى تكوين سلسلة من الشرفـات السلّمية step- like terraces، كذلك قد تؤدى عـمليـة اسـتـعـادة الشـباب (التـصـابى) إلى تكـوين المنعطفـات النهـرية المخندقة entrenched، وهذه تتكون عندما يستمر النهر الانعطافى المرفوع uplifted meandering stream فى اتباع مـساره الملتوى الأصلى ناحـرا الصخور التى تحـته بشدة.

١١- دورة التحات الإقليمية Regional Erosional Cycle

تتأثر الأراضى المـرتفعة الموجـودة بين الأنهار بدورات التـحات. لكن دورة الوادى لن تتقدم على أى حال بنفس المعدل الذى تتقدم به دورة الأراضى المرتفعة. ولذلك فـلابد من دراسة كل دورة على حـدة. وتتمـيز الدورة الإقليـميـة بمراحل الشباب والنضوج والشيخوخة المعروفة (انظر جدول ٥).

• مرحلة الشباب Youthful Stage

تبدأ مرحلة الشباب بعملية رفع كتلة أرضية (مثل منطقة ساحلية مسطحة مرفـوعة حديثا) ثم تلى ذلـك فترة من الثبـات النسبى. والمناطق الشابة تجـرى بها أنهار شابة وتتميز بوديان على شكل ٧ "V- shaped" عميقة وكذلك تتميز بمناطق عالية مقسمة جزئيا ذات تضاريس متوسطة .

• مرحلة النضوج Mature Stage

عند الوصول إلى مرحلة النضوج، تتميز المنطقة بأن الأرض العالية upland تصير مقسمة تماما وجيدة الصرف. بالإضافة إلى ذلك تصبح المنطقة ذات طوبوغرافية وعرة بصفة عامة، ويبلغ نمط الصرف أقصى درجة له وكذلك تبلغ التضاريس أقصى درجة لها. وعلى وجه العموم فإن وديان الأنهار river valleys هى من النوع الناضج.

• مرحلة الشيخوخة Old - Age Stage

مع تقدم عمليات التحات، تعبر المنطقة مرحلة النضوج إلى مرحلة الشيخوخة. وعند هذه المرحلة، تتكون السهوب من المناطق العالية والمنحدرات بعد أن أدى التحات إلى إزالتها، وتبلغ التضاريس أدنى درجة لها. ويتميز السطح عندئذ بعدد قليل من أنهار انعطافية كبيرة تجرى فى وديان واسعة ومسطحة. ويكون للوادى الكهل أودية فيضانية ممتدة وضفاف طبيعية تامة النمو (جدول ٥). وتوجد فى بعض المناطق تلال من صخور صلبة ومقاومة ترتفع فوق سطح السهب وتسمى هذه الآثار التحاتية المنعزلة بالمونادنوك monadnocks.

جدول رقم (٥): دورة تحات وادى النهر

الجانبية المستعرضة	مرحلة الشباب	مرحلة النضوج	مرحلة الشيخوخة
الطوبوغرافيا	أراضٍ عالية مسطحة	تلالية، عادة فى المنحدرات	أراضٍ منخفضة مسطحة
الصرف	ضعيف	جيد	ضعيف
التضاريس	متزايدة	بلغت أقصاها	فى نقصان
ملامح خاصة	توجد البحيرات والمستنقعات فى الأراضى العالية	توجد بحيرات هلالية قليلة العدد فى المناطق المنخفضة	توجد البحيرات والمستنقعات فى المناطق المنخفضة وكذلك المونادنوك

حينما يحدث تغيير فى المستوى القاعدى لعملية التحات يقطع دورة الوادى، فإنه يقطع أيضا الدورة الإقليمية للتحات. وتنشأ عملية استعادة الشباب (التصابى) بسبب عملية تجدد الرفع renewed uplift؛ وبذلك تتعرض المنطقة المتأثرة لدورة جديدة من التحات. وبالنسبة لدورات التحات، هناك نقاط هامة لابد أن تؤخذ فى الاعتبار عند مناقشة هذا الموضوع فيما يلى:

أ- الدورات التحاتية التى ذكرت سابقا تصف ظواهر كما يجب أن تكون فى مناطق تتميز بمناخ رطب معتدل. أما فى المناخ القاحل أو القطبى فتتكون ظواهر مختلفة، فمظاهر التحات فى المناطق القاحلة من أستراليا تختلف تماما عن المظاهر الموجودة فى بريطانيا. وفيما عدا أرضيات النهيرات الصغيرة الجافة فى أستراليا فلا توجد أنهار حقيقية ولا توجد بحيرات غير تلك المسماة «ببحيرات مسطحات الملح» salt- flat lakes. وتبدو المنطقة مسطحة للناظر إليها من الجو، وبالرغم من أنها تتموج بلطف ما بين ٥٠٠ قدم وألف قدم فوق منسوب البحر.

ب- مصطلحات الشباب والنضوج والشيخوخة تطلق على الطوبوغرافيا العامة الإقليمية وعلى الوديان وكذلك على الأنهار التى تشغل هذه الوديان.

جـ- نادرا ما يمكن التمييز بوضوح بين المراحل المختلفة فى الدورة، لأن الانتقال من مرحلة إلى مرحلة أخرى يكون متدرجا، وعليه فإن منطقة ما، قد توجد فيها مظاهر تدل على مرحلتى النضوج والشيخوخة معا. أو مرحلتى الشباب والنضوج معا.

د- قد توجد أجزاء مختلفة من الوادى أو المنطقة فى مراحل مختلفة من الدورة فى الوقت نفسه. وعلى وجه العموم، فقد يتخذ النهر مظاهر الشباب بالقرب من منبعه، ويظهر أكثر نضوجا بالقرب من مصبه.

١٢-الماء الأرضى Ground Water

مياه الأمطار التى تسقط على الأرض، يجـرى تصريفها بطرق ثلاث: إما أن تصبح ميـاهها جارية run- off أو تتبـخر وتعود إلى الغـلاف الجوى أو ترشح فى الأرض infiltration. والقسـم الأخير الذى ينز seeps فى الأرض يطلق عليه اسم المياه الأرضية ground water، ويسمى أيضا الميـاه تحت السطحية subsurface أو المياه الجوفية underground. وتوجد هذه المياه فى مسام pores وفجوات الصخور والتربة فى الجزء العلوى من القشرة الأرضية.

والمصدر الرئيسى لمعظم الميـاه التى توجد فى الأرض هو المطر أو الثلوج التى تشربت فى فراغات الصخور. وهذا هو أهم مصـدر للمياه الأرضية. وتوجد نسبة ضئيلة نسـبيا من المياه الأرضية مـصدرها من تحت سطح الأرض، وتتكون بطريقة كيـميائية من الصـخور النارية التى توجد مـدفونة فى الأعمـاق. ويعرف هذا الماء باسم «الماء الصـهارى magmatic water أو باسم «الماء البكر Juvenile» نظرا لأنه يظهر لأول مرة فى الدورة الهدرولوجية.

• الماء المحبوس (المتزامن) Connate Water

وهو الماء الذى حبس فى الصخور الرسوبية وقت تكوينها. ويوجد هذا النوع من الماء مرتبطا بالـبترول فى آباره. ويكون الماء المحـبوس ملْحا تمامـا، وقد يكون بقايا لبـحر قديم حبس فى الرسوبيـات وقت تكوينها. ويكوّن الماء المحبـوس نسبة بسيطة من المياه الأرضية، شأنه فى ذلك مثل الماء الصهارى. ويتغلغل الماء الأرضى إلى أسفل فى طبقات الأرض بفعل الجاذبيـة فيمـلأ الفجوات المتاحة من أسفل إلى أعلى. وهذا يكون ممكنا، لأن الصـخور المسـاميـة تمتص كميات كـبيـرة من الماء المترشح من السطح.

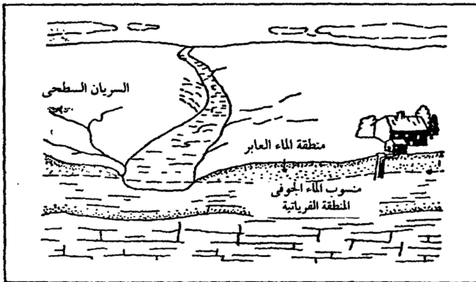
وإذا كانت الـصخور منـفذة permeable، فإنهـا تسمح للماء بأن يتـحرك بحرِّية فيها وهذا يسـهل المزيد من حركة الماء الأرضى. وتسمـى الصخـور المسامية والمنفذة فى آن واحد باسم المستودعات «الخزانات المائية aquifers».

وتخـتلف الصخـور كـثيـرا فى درجة مـسـاميـتهـا porosity ونفـاذيتهـا permeability. وبالنسـبة للمسـامية فهى تختلـف من صـخـر لآخر فقـد تكون

أقل من ١ ٪ فى الصخور الكتلية والصخور النارية غير المجواة، وتصل إلى ٣٠ ٪ أو أكثر فى أنواع معينة من الحجر الرملى. وقد تكون بعض الصخور غير مسامية أصلا، لكنها منفذة نتيجة للفجوات والشقوق الذوبانية وغيرها. وتسمى الصخور التى لا تسمح بإمرار الماء من خلالها باسم الصخور غير المنفذة impermeable (impervious).

١٣- منسوب الماء الأرضى Ground Water Table

جزء القشرة الأرضية الذى تكون فيه كل المسافات والفتحات المتاحة مملوءة بالماء يسمى منطقة التشبع zone of saturation أو المنطقة الفرياتية phreatic (شكل ٦٧) والحد العلوى لهذا النطاق يسمى منسوب الماء الأرضى ground water table.

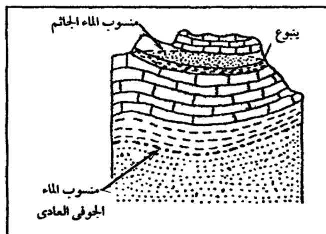


شكل (٦٧)

قطاع مستعرض يوضح علاقة منسوب الماء الجوفى بمناطق الماء العابر والماء الفرياتى

وتسمى الصخور وجزء التربة الذى تعبره المياه الأرضية فى طريقها لمنطقة التشبع باسم منطقة العبور vadose zone. أو منطقة التهوية aeration. وصخور منطقة العبور لا يمكن أن تكون مشبعة تماما بالماء، حيث تكون دائما مشبعة بالهواء وهذا الارتباط بين الماء والهواء يساعد كثيرا على عملية التحلل الكيميائى للصخور المحيطة.

ويختلف عمق منسوب المياه تحت سطح الأرض كثيرا من منطقة إلى أخرى. وأهم العوامل التى تؤثر فى مستوى منسوب الماء هى كمية الأمطار التى تسقط على منطقة ما، وطوبوغرافية الأرض. وعلى سبيل المثال، قد ينخفض منسوب الماء الأرضى كثيرا خلال فترات الجفاف مما يسبب جفاف الآبار، وعلى النقيض من ذلك، ففى الفصول المطيرة قد يرتفع منسوب الماء الأرضى ليصل إلى قرب سطح الأرض. وبصفة عامة فهناك توافق تقريبى بين منسوب الماء الأرضى وتشكيل سطح الأرض، فيما عدا الحالات التى يكون فيها هذا المنسوب أكثر قربا من سطح الأرض فى الوديان، بينما يوجد عند أعماق بعيدة جدا فى التلال والجبال. وتتكون المستنقعات swamps والبحيرات lakes والمناقع ponds عندما يتقاطع منسوب الماء الأرضى مع سطح الأرض. وإذا تجمع الماء الأرضى فى صخور مستودع مائى يعلو طبقات غير منفذة، فإن هذا الماء يصبح منعزلا عن منسوب الماء الأرضى العادى normal water table (شكل ٦٨) وفى هذه الحالة يتكون ما يسمى بمنسوب الماء الجاثم perched water table، حيث إنه يوجد فى مستوى أعلى من المنسوب العادى.



شكل (٦٨)
منسوب الماء الجاثم

١٤ - أشكال المياه الأرضية Forms of Ground Water

بالرغم من إمكانية جلب كميات كبيرة من المياه إلى السطح عن طريق الآبار، إلا أن معظم المياه الأرضية تصل إلى سطح الأرض نتيجة للنز الطبيعى natural seepage كما فى حالة الينابيع.

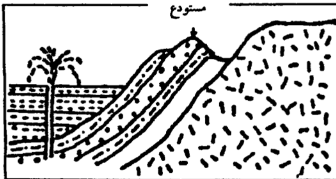
• الآبار Wells

البئر هى ثقب يحفر فى الأرض إلى عمق يصل إلى منسوب الماء الأرضى. وتعد البئر مستديمة إذا كانت بعمق لا يكون منسوب الماء الأرضى عنده تحت مستوى قاع البئر، حتى خلال فترات الجفاف الشديد. ولا بد أن تخترق البئر منطقة التشبع إلى أبعد عمق ممكن، ويجب أن تتخذ كل الاحتياطات لئلا تتعرض مياه البئر للتلوث.

• الآبار الارتوازية Artesian Wells

هى الآبار التى يكون فيها الضغط الهدروستاتيكى (ضغط الماء) كافيا لجعله يرتفع فوق المستوى الذى قوبل عنده لأول مرة (وقد تنساب هذه الآبار أو لا تنساب خارجه إلى سطح الأرض). وقد تُنتج الآبار الارتوازية كمية كبيرة من الماء؛ ونظرا لأنها لا تعتمد على سقوط الأمطار الموسمية، فإنه يمكن الاعتماد عليها أكثر من الآبار الاعتيادية ordinary wells.

ولكى تتكون بئرا ارتوازية جيدة، فلابد أن تتوافر شروط معينة، إذ لا بد أن يكون المستودع المائى (حجر رملى أو جرول أو طباشير) مائلا بعيدا عن السطح، ولا بد من وجود صخور غير منفذة فوق وأسفل المستودع (شكل ٦٩). بالإضافة إلى

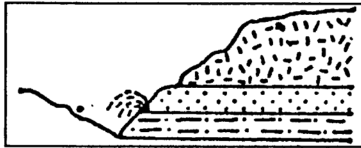


شكل (٦٩)
بئر ارتوازية

ذلك فلا بد أن يكون الخزان منكشفا عند السطح فى منطقة معرضة للأمطار بقدر كاف يضمن إعادة تزويد النظام الارتوازى بالماء وإلى ارتفاع أعلى من موقع البئر. هذه الظروف سوف تولد ضغطا هدروستاتيكيا كافيا لتكوين البئر الارتوازية. وتوجد آبار إرتوازية كثيرة فى حوض لندن London-Basin تصل بأعماقها إلى الطبقات الطباشيرية. ويوجد مثال واضح للآبار الارتوازية يمكن مشاهدته من خلال نوافذ قطار بورتثموث Portsmouth قبل محطة بيترفيلد Petersfield مباشرة.

• الينابيع Springs

تتكون الينابيع حينما تنساب المياه الأرضية وتندفع خارج سطح الأرض باستمرار تقريبا. وتوجد الينابيع المعروفة باسم ينابيع جانب التل hillside springs فى مناطق التلال حيث يتقاطع عندها منسوب الماء الأرضى مع سطح الأرض (شكل ٧٠).



شكل (٧٠)
ينبوع على امتداد مستوى التطبق

• ينابيع الشقوق Fissure Springs

وهذه تتكون طبيعيا، وهى نوع من الآبار الارتوازية، وفيها يصل الماء إلى سطح الأرض من خلال الشقوق الموجودة فى الصخور وينساب خارجا بقوة دفع كبيرة.

• الينابيع الحارة Hot Springs

ويطلق عليها أيضا الينابيع الحرارية thermal springs، وهذه مياهها ساخنة وربما تصل درجة حرارة مياهها إلى درجة الغليان، وينشأ ذلك من تلامسها مع الصخور الساخنة تحت سطح الأرض. وتوجد أمثلة من هذا النوع فى أركنساس

وكذلك يلوستون فى المتنزه القومى National Park وفى وايومنج Wyoming بأميركا الشمالية وكذلك فى نيوزيلندا.

وفى الينابيع المعدنية mineral springs تحتوى المياه على كمية غير عادية من الأملاح الذائبة مثل كلوريد الصوديوم والبوتاسيوم والبيكربونات وكبريتات المغنسيوم. وقد تحتوى على غازات فى بعض الأحيان مثل غاز ثانى أكسيد الكربون أو غاز كبريتيد الهدروچين الكريه الرائحة.

• المراجل Geysers

هى نوع خاص من الينابيع الساخنة التى تثور على فترات.

١٥- التحات بالمياه الأرضية Erosion by Ground Water

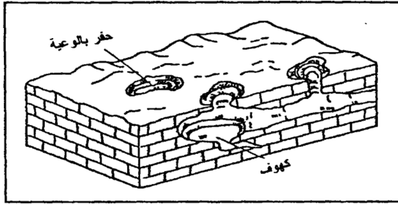
تعد المياه الأرضية عاملا مهما فى عمليات التحات والنقل والترسيب. وتعمل فى هذه المجالات على نطاق واسع وتؤدى عملها التحاتى عن طريق النشاط الكيميائى وتحمل معظم حمولتها فى صورة محاليل. ويتكون حمض الكربونيك نتيجة لتفاعل الماء الأرضى مع غاز ثانى أكسيد الكربون الموجود بوفرة فى الهواء وكذلك الناتج عن تحلل المواد العضوية الموجودة فى التربة.

وحينما تصبح المياه الأرضية محتوية على حمض الكربونيك فإنها تصير عاملا مهما فى عمليات التحات وخاصة فى المناطق التى توجد فيها صخور رسوبية قابلة للذوبان. وحينما تمر هذه المياه الأرضية فى الصخور الجيرية أو الدولوميت، فإنها تذيب أجزاء من الصخر وتحملها فى صورة محاليل، وبذلك تصبح صخور الأساس الصخرى محتوية على الفجوات وأحواض الذوبان، وقد تتكون الجسور الطبيعية، وتسمى المناطق السطحية التى توجد فيها هذه الظاهرة باسم مناطق الكارست karst، وترجع التسمية إلى منطقة كارست فى يوغوسلافيا. وتوجد بعض المناطق فى بريطانيا تنتمى إلى ظاهرة الكارست، لكن الأمطار الغزيرة وكثافة النباتات فى هذه المناطق تجعلها مختلفة عن أشكال الكارست الحقيقية.

• الكهوف Caverns

تتكون الكهوف بفعل المياه الأرضية. وتتم هذه العملية عن طريق الذوبان الذى يتسبب فى زيادة حجم الشقوق التى تتحول إلى سلاسل على شكل أنفاق

وحجـرات تحت الأرض (شكل ٧١) ويتكون سقف الكهف فى العادة من صـخور مقاومة للفعل الإذابى للمياه الأرضية.



شكل (٧١)
الكهوف والحفر البالوعية فى منطقة الكارست الطوبوغرافية

ولقـد أثارت الكهـوف اهتـمـام الإنسـان منذ زمن طويل، وربما كـانت هى مسكنه الأول. ويوجـد كـهف كبير فى كـاسلتون Castleton (دربيشـاير) بإنجلترا وكان يستخـدم ملجأ فى وقت الحرب ويعد هو وغيره فى كـاسلتون وتشيـدار من المزارات السياحية.

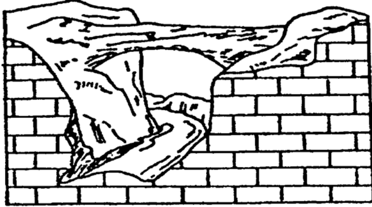
• ثقوب حوضية Sink Holes

فى بعض الأحيان توجد كهوف وفـجوات قريبة من سطح الأرض مما يسبب انهيـار أسقفهـا، فتتـرك منخفضـات دائرية تقريبا، وتسـمى الثقوب الحوضـية أو أحواض الذوبان، وتوجـد عـادة فـى مناطق الـكارست الطوبوغرافية، وأحـيانا ما ينساب نهر فى هذه الثقـوب أو فى أحـواض الذوبان فيختفى تحت سطح الأرض، وفى هذه الحـالة يسمى «النـهر المفـقود». وقـد تمتلئ بعض هذه الشـقوب بالركـام الصخرى ويتجمع فيها المـاء مكونًا مستنقعات أو بحيرات.

• القناطر الطبيعية Natural Bridges

تتكون القنطـرة الطبيعية (الجسـر الطبيعى) (شكل ٧٢) عندما ينساب نهر فى فتحة من الصـخر، فيذيب جزءا منه مكونا ما يشبـه النفق، ويظهر على جرف أو

منحدر على الجانب الآخر. وقد تنهار أجزاء من هذا النفق وتحمل بعيدا، فيسمى ما يتبقى من النفق قنطرة طبيعية natural bridge.



شكل (٧٢)
قنطرة طبيعية

١٦- الترسيب بالمياه الأرضية Deposition by Ground Water

حينما تصبح المياه الأرضية فوق مشبعة بالمواد المعدنية، فإنها ترسب بعضا من هذه المواد. ويحدث هذا الترسيب بطرق مختلفة، نتيجة للاختلاف فى درجات الحرارة أو الضغط أو فقدان الماء نتيجة لعملية البخر، وفيما يلى وصف لبعض الملامح الترسيبية التى تتكون بفعل المياه الأرضية:

• رواسب الينابيع Spring Deposits

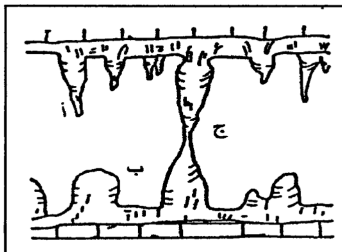
تحتوى بعض المياه الأرضية على كميات كبيرة من المواد المذابة إلى الحد الذى يضطرها إلى ترسيب ما بها من حمولة بعد وصولها إلى السطح مباشرة. وغالبا ما تكوّن هذه الرواسب شرفات ومخاريط حول العيون الساخنة والمراجل geysers. وتسمى المواد الجيرية المتكونة بهذه الطريقة باسم «الترافرتين travertine».

وتسمى صخور الترافرتين المسامية باسم «الطوفا الجيرية calcareous tufa» وإذا ترسبت المواد السيليسية siliceous حول الينبوع الساخن فإنها تسمى سليكا

ينبوعية. أما الجيزريت geyserite فهى الرواسب التى تتكون حول قصبة الحَمّة أو المرجل.

• رواسب الكهوف Cavern Deposits

كما هو متوقع، فإن عملية الترسيب من المياه الأرضية تحدث تحت سطح الأرض. وأكثر الأمثلة شيوعا هو ترسيب كربونات الكالسيوم على هيئة صخر الترافرتين، ولكنه قد تتكون أيضا ترسيبات صخرية من الجبس والملح الصخرى. وإذا تساقطت المياه الأرضية الغنية بالكالسيت بصفة مستمرة على هيئة قطرات من نقطة بعينها فى سقف الكهف فستتكون فى نهاية الأمر رواسب متدلية فى هذه النقطة تسمى الهوابط stalactites (شكل ٧٣ أ) وهذه الهوابط بعضها مصمت وبعضها مجوف ويقطر الماء المشبع بالمعدن من خلالها وتتدلى من سقف الكهف. أما الصواعد stalagmites فهى كتل من كربونات الكالسيوم تأخذ شكل الرابية الصغيرة وتنمو الواحدة منها على أرضية الكهف عند النقطة التى يقطر فيها الماء من إحدى الهوابط بالسقف (شكل ٧٣ ب). وقد تصل الصواعد بالهوابط لتكون أعمدة column (شكل ٧٣ جـ).



شكل (٧٣)

رواسب الكهوف

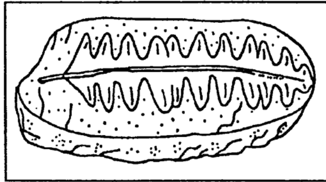
أ- هوابط. ب- صواعد. ج- أعمدة.

• السَّمنتة Cementation

تلعب المياه الأرضية دورا مهما فى سمنتة جسيمات الصخر. ويحدث ذلك حينما تترسب المعادن المحمولة فى المياه الأرضية بين الحبيبات المفككة فتعمل على ربطها بعضها مع بعض. وبهذه الطريقة تصبح الرمال السائبة صخرا متماسكا هو الحجر الرملى، حينما تترسب السليكا بين حبات الرمال التى يتكون منها.

• الدرنات الصخرية Concretions

تتكون الدرنات الصخرية عندما يرسِّب الماء الأرضى المعادن التى يحملها حول جسم ما، حتى لو كانت ورقة شجرة (شكل ٧٤)، أو صدفة أو حصاة، وتتخذ الدرنات الصخرية أشكالا مختلفة وتكون لها أيضا حجوم مختلفة.



شكل (٧٤)

ورقة من السرخسيات فى درنة صخرية من الحجر الجيرى

• الفجوات (النرجيل الصخرى) Geodes

هى فجوات كروية تقريبا قد تمتلأ جزئيا أو بأكملها بمواد تتجه بلوراتها نحو داخل الفجوة.

• رواسب الشقوق أو العروق Fissure Deposits or Veins

حينما يرسِّب الماء الأرضى فوق المشبع بالمعادن، ما به من حمولة فى الشقوق والفجوات تتكون العروق المعدنية. ومن أشهر أنواع العروق المعدنية عروق الكالسيت والكوارتز. وقد تحتوى بعض أنواع العروق المعدنية على درنات من معادن فلزية مثل الذهب والفضة والنحاس.

• الإحلال أو التحجر Replacement or Petrification

الإحـلال عمـلية تتـم فيـها إذابـة نـوع من المــواد بواسـطـة المياه الأرضـية ويحـل محـله نـوع آخـر. وإذا كان الإحـلال للمادة العضـوية فإن العمـليـة تسمى تحجرا petrification. ويتكون الخشب المتـحجر عندما تحـل السليكا مكان الخلايا الخشبية فى شجرة ما.

١٧- المياه الأرضية والإنسان Ground Water and Man

تخدم المياه الأرضيــة الإنسان فى أغراض كثيرة، فهى حـيوية للزراعة حيث تحتاج النبـاتات إلى كميات كبـيرة من الماء تمتصها جـذور النباتات من التربة. وفى المناطق القاحلة تحتاج عمليات الزراعة إلى كميات كبيرة من الماء للرى يحصل عليها من الآبار. كذلك تعتمد الصناعـة بشكل أساسى على الماء ومصادره. ومع أن الماء السطحى هو الذى يسـتـخدم بكثرة فى معظم الأغراض الصناعـية، لكنه لا بـد من الاستفـادة من الماء الأرضى إذا لم يكـن الماء السطحى متاحـا.

١٨- الأمطار Rains

قبل أن ننتـهى من هذا الفصل الخـاص والذى تناولنا فيـه فعل الماء كـعامل جيولوجى مهم، لا بد أن نـشير إلى أن الأمطار التى تسقط باستـمـرار على منطقة ما، تـفكك حبـيبـاتها الصــخرية وتحـملها إلى الجـداول والأنهـار. وفى المناطـق القاحلة، يكوِّن المطر القليل خـيرانا ونهيرات حيـث توجـد الـرواسـب الصلصالية تحت الأديم.

الفصل الثامن

العوامل الچيولوچية: المثالج والرياح والجاذبية

GEOLOGIC AGENTS : GLACIERS , WIND AND GRAVITY

المثالج كتل ضخمة من جليد البر، تتحرك ببطء وتكونت نتيجة لعملية إعادة تبلور الثلج. وكانت الكتل الجليدية الضخمة من الثلوج الطافية فى فترة ما، تحتل أكثر من ثلاثين فى المئة من مساحة سطح الأرض؛ لكن هذه المساحة تصل إلى أقل من ١٠٪ فى الوقت الحالى. وقد حدثت العصور الجليدية مرات عديدة خلال التاريخ الچيولوچى للأرض، لكن أكبرها كانت فى زمن البليستوسين Pleistocene (الفصل الثامن عشر).

ولقد أمدتنا الفترات الجليدية بسجلات واضحة عن النشاط المثلجى، حيث تغطت معظم أميركا الشمالية وأوربا بطبقات هائلة من الجليد خلال زمن البليستوسين (شكل ٧٥).

وفى الوقت نفسه التى كانت تجتاح فيه الفترات الجليدية تسمانيا وجنوب شرق أستراليا منذ الدور البرمى Permian Period، تراجعت الثلوج مخلفة وراءها تغييرات هائلة، نشأ عنها انقراض كثير من الحيوانات والنباتات، بعد أن أصبحت المناطق حارة وقاحلة، وجفت الأنهار وتبخرت البحيرات. وتراجع آخر غطاء جليدى من فوق بريطانيا منذ مدة زمنية تتردد بين عشرة آلاف وخمسة عشر ألف سنة. لكن قبل هذا التراجع الجليدى، غطت الثلوج قمم التلال حتى وصلت إلى خط التيمز- سفرن Thames - Severn Line، وإلى الجنوب من هذا الخط امتدت تغطية قمم التلال بالثلوج.



شكل (٧٥)
توزيع المثالج خلال دور البليستوسين (المنطقة المظللة)

وفى أثناء الفترات الجليدية، تنشأ تغيـرات فيزيقية وبيـولوجية، تحدث عادة فى منطقة المثالح. ففى خلال دور البليـستوسـين انخفض مـستوى سطح البـحر، نتـيجـة لتجمد الماء إلى جليد. وحينما بدأ الجليد فى الانصهار إلى الماء، عاد كثير من الماء إلى البحر مرة أخرى فتسبب فى ارتفاع منسوب الماء فى البـحـر ثانـيـة. وبالإضـافـة إلى التـغـيـرات التـى حـدثـت فـى مستوى سطـح الـبحر، فهناك أدلة مـحسـوسة تـشيـر إلى أن سطح القـشـرة الأرضيـة قـد هبط وأن القشرة نفسها انتـابتها عملية التواء بسـبب الـثـقل العـظيم لطبـقـات الثلوج. كذلك حـدثـت تغيـيرات أخرى مثل تكوين بحيـرات جديدة ومستنقعات شملت منطقـة البحيرات العظمى. وأيضا حـدثت تغييـرات فى مجارى الأنهـار واتجاهات جديدة فى هجـرة النباتات والحيوانات بعدما أصبح المناخ أشد برودة.

والآن لنبحث تأثيرات المثالج فى الماضى والحـاضر، ومدى الدور الذى تلعبه هذه الكتل الثلجية العظيمة فى تشكيل سطح الأرض وتاريخها.

١-أصل المثالج Origin of Glaciers

فى المناطق التى يتـساقط فـيهـا الثلج بغزارة، ويكون مـعدل درجـة الحرارة السنوى منخـفضـا جـدا، يظـل الجليـد فى مكانه كمـا هو طول العـام. أمـا فى المناطق ذات المناخ المعـتدل، أو الاسـتوائى، فـيظـل الجليـد موجـودا فـى أعـالـى

الجبال الشاهقة فقط . ومع ذلك ففى المناطق المتجمدة، تتغطى الأرض بالثلوج والجليد بصفة دائمة حتى لو كانت ترتفع عن مستوى سطح البحر بقليل. ويسمى الحد الأدنى للتجمد الدائم باسم خط الثلج snow - line. والآن يتحدد هذا الخط أساسا بخط العرض، ويوجد الجليد عند مناسيب منخفضة مع زيادة خط العرض، فعلى سبيل المثال عند خط عرض ٩٠° شمالا (القطب الشمالى) يكون خط الثلج عند مستوى سطح البحر، وعند خط الاستواء (خط عرض صفر) يكون خط الثلج عند ارتفاع ١٨ ألف قدم فوق منسوب سطح البحر. وتوجد الحقول الثلجية snow fields على هيئة تجمعات كتلية من الثلوج فوق خط الثلج، حيث تتكون الثلوج . وبعد تكونها، تتصلب وتصبح فى صورة جسيمات جليدية فى حجم الكريات الحبيبية وتسمى أراضى الثلج Néve أو فِرْن Firn . وتغطى الأراضى بالثلوج التى تتكون بعد ذلك، ثم تنضغط بالتدريج حتى يصبح المستوى السفلى لحقل الجليد متماسكا وعلى هيئة كتلة هائلة من الجليد وتتعرض أراضى الثلج إلى تغيرات تتحول بموجبها كتلة الجليد بأكملها إلى جليد مثلجى glacial ice، يتحرك ببطء إلى أسفل التل بفعل الجاذبية، إذا تراكمت منه كميات تكفى لتحركه.

٢-أنواع المثالج Types of Glaciers

يصنف الچيولوچيون المثالج إلى ثلاث مجموعات عادة:

أ- مثالج الوادى valley glaciers

ب- مثالج أقدام الجبال piedmont glaciers

جـ- شراشف الجليد أو المثالج القارية ice - sheets or continental glaciers

أ-مثالج الوادى Valley Glaciers

تسمى أيضا باسم المثالج الألبية Alpine أو مثالج الجبال mountain glaciers. وتنشأ مثالج الوادى فى حقول الثلج عند رؤوس وديان الجبال. وتتبع حركتها إلى أسفل الأودية المنحوتة بالأنهار القديمة old stream - cut valleys

والتى تمتلئ أحيانا من الجدار إلـى الجدار بجليد المثلجة glacier ice وتتردد مساحة مثلجة الوادى من مئات قليلة من الياردات المربعة إلى العديد مـن الأميـال المربعـة. كذلـك يتردد طولهـا من مئات قليلة من الياردات إلى ٧٥ ميـلا أو أكثر من ذلك. وتوجد مثل هذه المثالج فى جبال الألب وجبال الهيمالايا وجنوب نيوزيلندا.

ب- مثالج أقدام الجبال Piedmont Glaciers

فى بعض الأحيان قد تنبثق مثلجتان واديتان أو أكثر من أودية الجبال المجاورة و تزحف إلى السهول فى المستويات الدنيا، وفى هذه الحـالة تتحد النهايات السفلية للمثالج وتكون كتلة ثلجية عريضة ومسـتديرة تسمى مثلجة قدم الجبل. ومن أشهر هذا النوع من المثالج مثلجة ملاسبينا Malaspina التى توجد على الجانب الغربى لخليج ياكوتات Yakutat Bay فى ألاسكا، وتغطى هذه المثلجـة مسـاحة قـدرها ١٥٠٠ ميل مربع تـقريبا (٤٠٠٠ كم٢). وقد تكونت مـثلجة مالاسبـينا من اتحاد عديد من مثالـج الأودية التى نشأت على منحدرات جبل سان إلياس القريب.

جـ- شراشف الجليد أو المثالج القارية Ice Sheets or Continental Glaciers

تعرّف كتل الجليد المتسعة التى تغطى مساحات هائلة باسم الشراشف الجليدية أو المثالج القـارية (وهناك أغطية جليـدية صغيرة نسـبيا مـحدودة المساحـة وتسمى قلنسوات الجليد ice caps).

وقد يكون الشرشف الجليدى سميكا جدا فى العـادة، وينتشر من مركز كتلة برية نحو الخارج حتى إنه قـد يغطـى معظـم القـارة بأراضيها المرتفعـة والمنخفضة على حد سواء. وقد تبرز قمة جـبل معزول فوق سطح الجليد، وتسمـى فـى هذه الحالة باسم نوناتاك Nunatak. وتوجـد أكبر مـساحـات الشراشف الجليـدية فى العالم فى القـارة القطبيـة الجنوبية (أنتاركـتيكا) Antarctica حيث يغطى الجليـد معظم هـذه القارة التى تعادل مـرتين مثل مساحة قارة أستـراليا. وقد يبلغ سمـك الجليـد فى بعض الأماكن عـشرة آلاف قدم. وتبلغ مساحـة الشرشف الجليدى فى جرينلاند حوالى ٧٦٠ ألف مـيل مربع (١,٧ مليون كيلو مـتر مربع)، وربما يصل سمك الجليد إلى ١١ ألف قدم.

٣- حركة المثالج Movement of Glaciers

بالنسبة للملاحظ العادى، قد تبدو المثلجة كأنها مستودع لكتل من الجليد. لكن المثالج مثل الأنهار، تتحرك ولكن ببطء شديد، وقد تتحرك المثلجة إلى الأمام لمسافة تتردد من بوصة واحدة إلى حوالى ١٠٠ قدم فى اليوم الواحد. وهناك عوامل تتحكم فى معدل حركة المثلجة منها:

أ- حجم المثلجة (كلما زاد سمك المثلجة زادت سرعة حركتها).

ب- انحدار وطوبوغرافية الأرض.

جـ - درجة حرارة المنطقة (تتحرك المثالج أسرع كلما ارتفعت درجة الحرارة).

د- كمية الماء غير المتجمد فى المثلجة.

وطبيعة حركة المثلجة عملية معقدة نسبيا، وبصفة عامة، قد تبدو المثالج كأنها تتحرك عندما تتسبب قوى الجاذبية والضغط الناشئ عن الجليد المتراكم فى جعل الجليد الموجود فى المستويات السفلية من المثلجة فى حالة لدنة (طريا وقادرا على الانسياب).

ويوصف الجليد فى هذا الجزء السفلى من المثلجة بأنه موجود فى منطقة الانسياب zone of flow . أما الجليد الأقل لدونة والموجود فى الجزء العلوى من المثلجة فيحتل منطقة الكسور (التشدُّخ) zone of fracture (انظر شكل ٧٦). وبالإضافة إلى ذلك، فإن الفترات المتبادلة للانصهار والتجمد تحدث تمددا للجليد يؤدى إلى زيادة فى حركته. وتشبه الحركة المثلجية حركة النهر إلى حد ما، إذ تتحرك المثلجة فى الجزء الأوسط فيها بسرعة أكبر من سرعتها على طول جوانبها، وكذلك تكون سرعتها عند سطحها الأعلى أكبر من سرعتها على طول القاع. ويرجع السبب فى ذلك إلى أن الاحتكاك على امتداد جوانب المثلجة وعند قاعها يؤخر الحركة فى هذه الأماكن. وحيث إن المثلجة تتبع المسار الملتوى لواديها، وتمر كذلك فوق أماكن غير منتظمة فى أرضية الوادى، فقد يتسبب الشد فى حدوث

كسور في الجليد القصيف في منطقة التكسر. وتنتج عن هذه الكسور شقوق تسمى «شقوق جليدية» glacial crevasses (شكل ٧٦)، وقد يبلغ طول الواحد منها مئات الأقدام. وقد تختفى هذه الشقوق الجليدية تحت قشرة رقيقة من الثلج تنكسر بفعل أى ثقل بسيط. لذلك فهناك مصدر خطر دائم للأشخاص المسافرين فوق سطح المثلجة. وقد تستمر المثلجة فى حركتها إلى أن تصل إلى منطقة يسود فيها هواء دافئ فينصهر الجليد بنفس السرعة التى تتقدم بها المثلجة ثم تتوقف جبهة الجليد عند مقدم المثلجة، وفى نهاية الأمر تتراجع المثلجة إذا انصهر الجليد بسرعة أكبر من سرعة تقدمه.



شكل (٧٦)

قطاع مستعرض فى واد مثلجى

وكثير من المثالج تواصل تقدمها إلى أن تصل إلى البحر، حيث تتكسر كتل ضخمة من المثلجة لتكوّن كتلا طافية تسمى جبال الجليد Icebergs، التى تطفو وتبتعد عن مقامها الأصلى إلى أن تصل إلى مياه دافئة فتنصهر هناك.

٤- التحات المثلجى Glacial Erosion

يشتمل العمل الچيولوچى للمثالج على عمليات التحات والنقل والترسيب، شأنه فى ذلك شأن العوامل الچيولوچية الأخرى. ويبلغ الفعل التحاتى للمثلجة درجة كبيرة من القوة، بحيث لا يعوقها أى شيء وهى تحرث أوديتها أو تمتطى معالم برية ناتئة حتى تغطى قارة بأكملها. وتتم عملية التحات الجليدى بطريقة أو بأكثر من الطرق التالية:

أ-الاقتلاع Plucking or Quarrying

تعمل المثلجة على تكسير والتقاط الكسر الصخرية من طبقة الأساس الصخرى.

ب-السحج Abrasion

يتسبب الجليد وما به من حطام صخرى ملتقط ومقتلع فى خدش وصقل طبقة الأساس الصخرى التى يمر عليها.

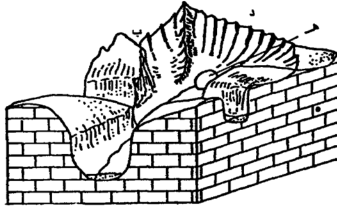
جـ-الحرث Ploughing

قد تندفع المواد السائبة loose على طول المثلجة أو قد تسقط المواد الصخرية من جدران الوادى وتستقر فوق قمة الجليد.

• التحات بفعل مثالج الوادى Erosion by Valley Glaciers

تعد مثلجة الوادى من العوامل المؤثرة والفعالة فى عملية التحات، وتؤدى إلى تطورات كبيرة فى المنطقة التى تحتلها. وتنشأ مثالج الوادى فى المنزلقات corries أو فى المناطق المتدرجة فى الجبال cirques، وكذلك فى المنخفضات شبه الدائرية التى تطورت نتيجة لتعميق وتكبير رأس وادى الجبل.

وحينما تتكون منزلقات عديدة وتكون مجاورة لبعضها البعض، كما هو الحال فى الموقع الكلاسيكى فى سنودون Snowdon، قد تصبح الحيود التى تفصلها حادة وخشنة، مما يؤدى إلى جعل الحيد ذى حافة كنصل السكين وحينما يتحات منزلقان من ناحيتين متعاكستين، فقد يتقابلان ليكونا ممرا pass أو مضيقا col. وتنتج القمة شبيهه القرن horn فى مرحلة متأخرة من التثلج بعد أن تكون قمم الجبال الماقبل الثلجية preglacial mountains قد تقلصت إلى قمم منعزلة. وعندما يختفى الجليد الثلجى، قد تمتلئ المنزلقات بالماء فتكون بحيرات مثلجية glacial lakes تسمى تارن "Tarn". مثال ذلك البحيرة الثلجية «تارن» الموجودة فى مالهام Malham فى غرب ردنج Riding فى يوركشير، وكذلك كثير من البحيرات بشمال ويلز. وبعض هذه الظواهر موضحة فى (شكل ٧٧).



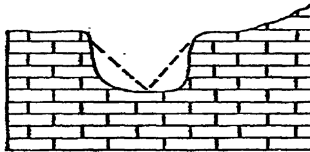
شكل (٧٧)

الظواهر المتكونة فى الوديان المثلجية

أ- واد معلق.   ب- مضيق بين قمتين.

ج- قرن.   د- كهف.   هـ- بركة جبلية.

وتتطور الوديان التى تحتوى على مـثالج بطرق متعددة، كـأن تطحن المثلجة جدران الوادى فتجعل أرضية الوادى ملساء. وتزداد الوديان الشابة عـرضا وعمقا، ويتغير شكل قطاع الوادى من حرف " V" إلى حرف "U" (شكل ٧٨)، ومثال ذلك ممر ليـانبيـرس Lianberis Pass وكذلـك مـنطقة Tal- y -Llyn تال -واى - لين فى شمـال ويلز بإنجلترا، وبالإضـافة إلى ذلك فإن جـدران الوادى وأرضيتـه تُخدش وتُخَدَّد وتصقل بفعل الركام الصخرى الذى يحمله الجليد الثلجى glacial ice .



شكل (٧٨)

واد مثلجى نموذجى على شكل حرف U

وتـسـمى هذه العلامـات التى تكوّنها المثـالج باسم الحزوز الجليـدية glacial striations إذا كانت خدوشا أو حـزوزا، أما إذا كانت الحزوز عميقـة فإنها تسمى

الثُّلم الجليدية (الأخاديد) glacial grooves. أما البروزات التى توجـد فى أرضية الوادى فتـأخذ أشكالا مستـديرة وتصبح ملساء لتكـون ما يسمى الصخـور الضأن Roches Moutonneés (شكل ٧٩) وهو مصطلح فرنسى يعنى الصخور التى تشبه فى مظهرها «فـروة الخروف»، وبالإضافـة إلى ذلك، فإن جزءا كـبيرا من أرضـية الوادى التى تتحرك المثلجة فوقهـا يطحن ليكوّن ما يسمى بالطحين الصخرى rock flour.

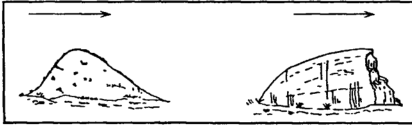
ويكون الوادى المثلجى الرئيـسى الذى يعرف باسم المجـرى المثلجى glacial trough، أكثر عمقا من الروافد أو من جوانب الوديان المؤدية إليه. وعندما ينصهر الجليد، يبقى هذا الرافد معلقا فى مستوى أعلى من أرضية الوادى الرئيسى وتسمى هذه الأودية باسم الوديان المعلقة hanging valleys. وفى العادة، فإن الأنهار التى تجرى فى هـذه الوديان، تكوِّن مسـاقط ميـاه وعرة steep waterfalls تغطس فى الوديان الرئيـسية الأكـثر عمقا. وتعد مساقط مـياه يوسميت Yosemite Falls فى كاليفورنيـا أمثلة نموذجية لهذا النوع من مسـاقط المياه بالرغم من أن هذا الجزء من كاليفورنيا يعـد من المناطق المثلجية التقليدية classic glacial area. وتوجد مناطق فى بريطانيا تتميز بوجود مثل هذه الظواهر كمنطقة سنودونيا Snowdonia. وحينما تتحرك المثلجة من الجـبال إلى البحر، قد يحفـر الجليد واديه أسـفل مستوى سطح البحر، وعندما ينصـهر الجليد، يجتاح البحر هذا الوادى فـتتكون بذلك الفيوردات fiords التى تمثل أذرعا ضـيقـة للبحـر تكون عادة عمـيقة وذوات جـدران وعرة. وتتميـز سـواحل النرويج بصفة خاصة بكثـرة الفيوردات فيها. وتوجـد الفيوردات كذلك فى نيوزيلندا.

• النحات بالشراشف الجليدية Erosion By Ice Sheets

الشراشف الجليدية لهـا سمك كبير وانتشار واسع وتغطى كـثيرا من الظواهر السطحـية البارزة بأكـملها. وبسـبب ذلك تصبح الجـبال والتلال والـوديان أيضا، معـرضة لعملية النـحات المثلجى glacial erosion. وبالتالى فإن الـصخور التى توجد تحـت الجليد، تتـعرض للاقتـلاع والخدش وتتكـون فيهـا الثلم grooves. ويستدل على ذلك من الحـزوز المثلجية glacial striations، والصخور التى تشابه فى مظهرها فراء خراف الضأن Roches Moutonneés. وتؤدى الشراشف الجليدية

أيضـا إلى تكون التـلال الجليـدية البـيـضـيـة الشكل drumlins، أو ذات الشكل الإهليليجى elliptical وتكون موازيـة لاتجـاه حركـة الجليد (شكـل ٨٠). ويشيع وجود هذه التلال الجليدية فى كثير من وديان يوركشير بإنجلترا.

وعلى وجـه العمـوم، فإن الـشراشف الجليـدية القـارية تعمل على جـعل الأسطح البارزة غير المنتظمة ناعمة ملساء، فـلا تعوق حركتها، أما التربة والوشاح الصخرى فقد تزول من مناطق كبيرة.



شكل (٨٠)
تل جليدى بيضى الشكل

شكل (٧٩)
صخر على هيئة فروة خروف

- تشير الأسهم إلى اتجاه حركة الجليد

٥- النقل المثلجى Glacial Transportation

تسـتطيع المثـالج نقل كمـيـات هائلة من مواد الأرض، وقـد تكون الكسـر الصخرية التى تنقلها المثالج ذات حجم كبير جدا. وبالتالى فإن الحمولة المثلجية قد تحـتـوى على صخور دقـيقة جـدا وجلاميـد ضخمـة، بالإضافة إلى كل الحـجوم الأخرى التى تقع بين الحجم الدقـيق جدا والجلاميد الغليظة. وينقل الجـزء الأكبر من هذه المواد على السطح الـعلوى للمثلجـة ويكوِّن مـا يـسـمى بالحـمـولة فـوق المثلجية. وتسمى المواد المتجمدة والتى توجد فى داخل المثلجة باسم «حمولة داخل المثلجة» englacial load، بينما تتكون الحمولة تحت المثلجية subglacial load من الصخور والتربة التى توجد على قـاع الكتلة الجليدية، وهذا الجزء هو المسئول عن العمل السحجى للمثلجة.

وفى العادة، فـإن مثـالج الوديان تحمل فـوق سطحها مـواد أكثـر مما تحمله الشراشف الجليديـة أو المثالج القارية ·ويرجع ذلك إلى أن جزءا كـبيرا من الحطام

الصخرى يسـقط من جدران الوادى ويتراكم فوق المثلجة، بالإضـافة إلى أن جزءا من الحمـولـة قد يدفـع أمـام الجليد المتـقدِّم. ونظرا للسـمك الكبير لـلشراشف الجليدية، فإنها لا تجمع إلا كمية قليلة من الحطام الصخـرى تحملها فوقها كحمولة فوق مثلـجية superglacial؛ ولا تكون لها القـدرة على حمل مـواد كثيـرة مثل المثلجة الـوادية، بل إن معظم حمـولتها تـكون متجـمدة frozen فى داخل القاع الجليدى أو تدفع أمام هذه الشراشف.

٦- الترسيب المثلجى Glacial Deposition

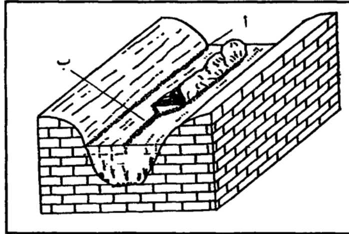
تتكون الحمـولة المثلجية من صـخور وأجزاء من التربـة مختلط بعضـها مع بعض بلا نظام، وبغض النظر عن الحـجم أو الوزن أو التركـيب. وعندما ينصـهر الجليد، فسـوف يسقط الحطام الصخرى، لتتكون منه أنواع مـختلفة من الرواسب تسمى بالمنجرف المثلجى glacial drift. وهناك نوعان من هذه المنجرفات هما:

أ- الحريـث till وهو عبـارة عن منجرف مثلجى غيـر طباقى وغير مـفروز بفعل الماء، لأنه ترسب مباشرة بفعل الجليد.

ب-المنجرف الـطباقى stratified drift ويتكون من مـواد مفـروزة sorted ترسبت فى طبقات محددة بفعل الماء الذى تكون من انصهار الجليد.

ويترسب الحـريـث ttill الذى يطلق عليـه اسم الرواسب غـيـر الطبـاقيـة unstratified deposits من الجليد مبـاشرة. وتتكون رسوبيات الحـريث من كُسارة صخرية من حـجوم مختلفـة، الكثير منها مـصقول ويحمل عـلامات من الحزوز المثلجـية glacial striae. ومن أكـثر أنواع رواسب المنجـرفات شـيوعا صلـصال الجلامـيد boulder clay الذى يتكون من كـتل كبيـرة مسطحة من الـصلصال مع جلاميد أو حصى من كل الحجوم. وتوجد مكاشف الجلاميد فى كثير من الجروف والشواطئ حول فـلامبوره Flamborough (يوركشيـر) بإنجلترا. وتكوِّن رواسب الحريث ظواهر طوبوغرافيـة تسمى ركام المثالج glacial moraines وهى حيود أو رواب (مفـردها رابية) mounds تتكون من جلامـيد وجـراول ورمال وصلصـال ترسبت من المثالج. وهناك أنماط كثيرة من ركام المثالج، كل واحد منها يسمى على

أساس علاقته بالمثلجـة. فهناك الركام المثلجى النهائى terminal moraine أو ركام النهاية end moraine، وهو عبارة عن رابية من الحـريث تتكون عند نهاية المثلجة. ويشـيـر هذا النوع إلى الوضع الـسابـق لجبـهـة الجلـيد وهـناك الركـام المثلجى الانحسارى recessional moraines وهو رواسب من الحريث ترسـبت فى أماكن متعـددة عند مواضع انحســار المثالج المعتادة أو المثـالج الثابتة مـؤقتا temporarily stable. وتسمى رواسب الحريث غـير المنتظمة التى ترسبت نتـيجة لتقهـقر المثالج المنصهرة باسم ركـام الأرضية المثلجى ground moraines وتتكون التلال الجليدية البيضية الشكل drumlines على أسطح ركام الأرضية المثلجى، وكل نوع من ركام المثالج التى ذكرت يمـيز كلا من الشراشف الجليديـة ومثالج الأودية ، ويوجـد فى النوع الأخيـر نوعان من ركام المـثالج التى لا تنشـأ من الشراشـف الجليدية. وفى العادة فإن مثالج الأودية تكوّن أو تخلّف الركام الجليدى الجانبى lateral moraines وهو حيود يتكون على جانبى المثلجة الوادية. ويتكون الركام الجانبى من المواد التى حدثت لها عـملية تحات من جوانب الوادى، أو سـقطت منها على سطح المثلجـة ليحملهـا الجليـد. وعندما يتصل واديان مثلجيان ليكونا نهـرا واحـدا مـن الجليـد، فإن الركام المثلجى الجانبى lateral moraines يتحـد ليكوّن ركـاما مثلجيـا وسطيـا واحدا single medial moraine (شكل ٨١).



شكل (٨١)

قطاع مستعرض خلال واد مثلجى

أ- ركام مثلجى جانبى.

ب- منتصف الركام المثلجى.

• المجروفات الجليدية المغترية Erratic

هى أحجـار أو جلاميد نقلتـها المثالج، تختلف فى تركـيبها الصـخرى عن طبقـات الأساس الصخرى التى ترتكز عـليهـا، وقد يصل وزن الحجـر الواحد أو الجلمود الواحد منها أطنانا عديدة.

وقد وجد بعـضها على بعد مئـات الأميال من مكان مصـدره، وقد تتوضع المجروفـات الجليدية المغتـربة على هيئـة صف طويل، وكلها مسـتمد من مـصدر مشتـرك، وتسمى فى هذه الحالة باسم قطار الجـلاميد boulder train. وقد عثر على جلاميـد من جرانيـت شاب Shap Granite المميز مـتناثرة عبر نهر البـيونينز Peunines شـرقى شاطئ يوركـشـير بإنجلتـرا ٠ وعند خليج روبين هود، توجـد مجروفات جليدية مع منجـرفات ذات أصل اسكندنافى، مما يدل على أن مثلجتين كانتا قد اقـتربت الواحدة منهما بالأخرى فى تلك المنطقـة. وفى بعض الأحيان قد تبقى بعض المنجرفات الجليدية المغتربة جاثمة بغير ثبات فوق صخر المنطقة.

ب- الرواسب الطباقية أو رسوبيات الاكتساح

Stratified Deposits or Out Wash

تسـمى المواد الصـخـرية التى تتـرسب فى الأنهـار من ثلج انصـهـر باسم رسوبيات الاكتساح، وكـذلك تعرف باسم الرواسب النهر مثلجية glaciofluvial. وقد تشكل هذه المواد النهرية الجيدة الفرز العديد من الأشكال الأرضية، وفيما يلى وصف لأكثر أنواع رسوبيات الاكتساح شيوعا:

• سهول الاكتساح Outwash Plains

رواسب مروحـية الشكل، عريضـة، تتكون من منجرفات ترسـبت أمام المثلجة، وهى مميزة لـلشراشف الجليدية، وفى المثالج الوادية تـبقى معظم رواسب الاكتســاح على امتداد أرضية الوادى، مخلـفة ظاهرة تعرف باسم قطارات الوادى valley trains.

• الإسكرات Eskers

حيـود طويلة من منجرفـات طباقـية stratified drift تماثل أرصفـة خطوط السكك الحديدية، ويبدو أن المواد المكوِّنة للإسكرات قـد ترسبت فى أنفاق جليدية

بواسطة الأنهار التى كانت تجرى على طول قيعان المثالج ٠ وبالرغم من أن بعض الإسكرات قد يصل طول الواحدة منها إلى أميال عديدة، ويصل ارتفاعها إلى نحو مئة قدم، إلا أن عرضها قد لا يتعدى أقداما قليلة. وتوجد أشهر أمثلة الإسكرات فى بريطانيا إلى الشمال من ولفرهامبتون **Wolverhampton**.

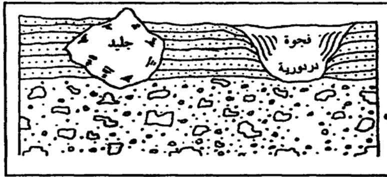
• الكامات Kames

هى تلال صغيرة لها جوانب شديدة الانحدار وقممها مسطحة تتكون من مجروفات طباقية من مواد تجمعت فى منخفضات دائرية فى المثلجة. وقد تتكون رواسب طباقية من الرمل والجرول بين جانب مثلجة محتضرة (wasting) وجدار الوادى المتصل بها، وتسمى شرفات الكامات **kame terraces**. ويمكن مشاهدة الكامات المثلجية بوضوح فى سكوتلندا بالقرب من كارستيرز Carstairs.

• فجوات دردورية Kettles

هى منخفضات قد يبلغ طول الواحد منها ميل ويصل العمق إلى مئة قدم، وتدل على مكان كتلة من الجليد دفنت فى رواسب اكتساحية (هذه الكتلة تخلفت من مثلجة محتضرة).

وعندما انصهرت كتلة الجليد تكونت الفجوة الدردورية kettle لتدل على مكانها (شكل ٨٢).



شكل (٨٢)

تكوين الفجوة الدردورية: كتلة من الجليد (إلى اليسار) مدفونة فى المكتسحات؛ وعند انصهار الجليد تتكون الفجوة الدردورية

• الصلصال الحولى Varve Clays

هو صلصال تكون فى البحيرات المؤقتة التى تكونت بفعل الجليد بما يشبه ظاهرة تكون الحفر الدردورية kettle. ويسجل هذا الصلصال الاختلاف الموسمى فى المواد المترسبة على هيئة أشرطة رقيقة thin bands.

ويوجد الصلصال الحولى فى بريطانيا أحيانا، لكن أفضل مثال يمثله ما يوجد فى اسكندنافيا والذى استخدم على نطاق واسع فى حَلِّ ألغاز العصر الجليدى.

• الأحدور والذيل Crag-and-Tail

حينما تمر مثلجة فوق سدادة نارية أو عنق بركانى صلب أو حول أيهما، قد يتسبب الجليد فى إزالة الحطام الصخرى غير المتماسك، لكنه يرسب مواد أخرى خلفه. وتكون النتيجة تلّ له وجه شديد الانحدار على أحد الجوانب، يسمى الأحدور، وعلى الجانب الآخر من التل يكون الانحدار لطيفا حيث يسمى هذا الجانب بالذيل. ويوجد مثال واضح لهذه الظاهرة. يمكن مشاهدته عند قلعة إدنبره Edinburgh Castle، وهذه الصخور تشبه فى مظهرها فراء خراف الضأن Roches Moutonnés، التى ذكرت من قبل، لكنها أكثر طولا منها.

وعندما انصهر الجليد الثلجى فى المناطق التى أصبحت الآن ذات مناخ معتدل، مثل بريطانيا، انطلقت كميات هائلة من الماء، وتعاظم فعل الأنهار الذى سبقت الإشارة إليه فى الفصل السابع. فمثلا، اندفعت جلاميد ضخمة على طول الممرات تحت أرضية فى الحجر الجيرى الإقليمى؛ وتسببت المياه الجوفية فى تكوين البرك الدوامية whirl-pools، ونحتت المداخن الطبيعية بفعل الحركات الدردورية للماء cork-screw action وفى الوقت الحالى، يمكن مشاهدة بعض الجلاميد المتبقية بغير نظام معين وهى تجثم على أسقف كهوف الحجر الجيرى بصورة مثيرة للدهشة.

ويمكن مشاهدة كثير من الظواهر الجيولوجية التى ذكرت فى الفصلين السادس والسابع وما يليها فى منطقة مالهام Malham، ويمثل شكل رقم ٨٣ رسما تخطيطا لهذه الظواهر.



شكل (٨٣)
كهف مالهام، يوركشير

٧- أسباب حدوث العصور الجليدية Causes of Glacial Periods

ما الذى يسبب حدوث العصور الجليدية ؟ بالرغم من أن الچيولوچيين لم يستطيعوا حتى الآن الإجابة عن هذه المسألة المعقدة، إلا أن دراساتهم عن سجل الأنشطة الجليدية فى الماضى وملاحظاتهم للعديد من المثالج الحالية، أدت إلى افتراض عدد من النظريات. وفيما يلى ملخص لبعض العوامل التى يحتمل أن تكون السبب فى حدوث الفترات الجليدية:

أ- ارتفاع الأرض Elevation of the Land

يبدو أن عصور الجليد كانت تتزامن مع الفترات التى كانت فيها القارات عالية وكانت درجات الحرارة المنخفضة عند خطوط العرض الأعلى هى السائدة؛ ويعتقد بأن الهبوط فى المعدل السنوى لدرجة الحرارة، عندما كانت القارات عالية، أدى إلى تكوين عصر جليدى.

ب- الاختلاف فى كمية الحرارة المكتسبة من الشمس

Variation in the Amount of Heat Received from the Sun

تعد الشمس هى مصدر الطاقة الحرارية للأرض، ومن المعلوم أن كمية الطاقة المتولدة من الشـمس، قد تذبذبت بحوالى ٣٪ فى الأربعين سنة الأخيرة. وبالرغم من أن هذا ليس كـافيا لحـدوث التثلج، إلا أنه من المحـتمل أن تكون قـد حدثت تذبذبات أكبر فى الماضى الجيـولوجى. ويعزى اختلاف كمية الطاقة الشـمسية التى يستـقبلها سطح الأرض إلى سُحُب الغبـار البركانى التى توجـد فى جو الأرض أحـيانا، أو ربما يكون الـسبب فى ذلك هو أن مـدار الأرض حـول الشمس كـان مختلفا فى الماضى عن وضعه الحالى، وبالتـالـى فقد كان فصل الشتاء أطول وأشد برودة.

• اختلاف ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء فى الجو

Variation in Carbon Dioxide and Water Vapour in Atmosphere

هذا سبب منطقى، يفـترض أن ثانى أكسـيد الكربون وبخار المـاء يسـاعدان الأرض على الاحتفـاظ بالحرارة المستمـدة من الشمس. والنقصان فى ثانى أكـسيد الكربون وبخار الماء فى الجو يسـمح لكميات أكبر من الحـرارة بالتسرب عن طريق الإشعاع، وبالتـالى ينشأ المناخ الأشد برودة. والأرض العالية المتـزايدة الاتساع قد تؤدى إلى نقـصان كمـية بخـار الماء فى الجو، وبالـتالى يحـدث نقصان فـى قدرة الأرض على الاحتفاظ بالحرارة الشمسية.

وبالإضافة إلى ما ذكر سابقـا، فإن عوامل أخرى مثل البركنة volcanism، وذوبان القلنسوة الجليدية القطبـية نتيجة لتغيـرات فى الدورة المحيطة، وتغير وضع القطبين الشمالى والجنوبى، كل هذه العوامل، قد تكون أسبابا ممكنة لحدوث عملية التثلج glaciation.

٨- عمل الرياح Work of the Wind

الرياح (الهواء المـتحرك) عـامل شديد الفعـالية من العـوامل الچيـولوچية. وبالرغم من أن عـمل الرياح ليس بنفس قـدر عمـل الماء أو الجليد إلا أنهـا، مع

ذلك، تعد عامـلا مهما من عـوامل تشكيل الأرض. وكما هو متـوقع، فإن عمل الرياح يكون فعـالا جدا فى المناطق القاحلة وشـبه القاحلة. ومن المشاهد الغـريبة صخرة تسمى آيرز روك Ayers Rock بأستراليا طولها ميل ونصف الميل قد نحتت وتخددت وصقلت بفعل الرياح على مدى ٢٠٠ مليون سنة. وعلى أى حال فحتى المناطق الرطبة قد تصبح جافة خلال بعض الفترات، وفى تلك الأثناء تصبح التربة مفككة وتتعرض لعمليات الإزالة بفعل الرياح. وتتسبب الرياح أيضا فى نقل الغبار لمسافـات كبيرة جـدا، ليترسب فى مناطق أخـرى يسود فيهـا المناخ الرطب. ولقد تسببـت العواصف الترابية التى تنشـأ فى الصحارى فى تكوين رواسب دقـيقة من الرمال ترسبت شمالا حتى وصلت إلى بريطانيا.

٩- التحات بالرياح Wind Erosion

قد لا يكون للرياح فى حـد ذاتها أى أثر فى الصخـور الصلبة، لكن الرياح العالية السـرعة تحمل معها كسـر الصخور التى تصبح أدوات فعالة لحـدوث عملية التحـات، وتؤدى الرياح عمـلها فى التحـات بطريقة الـتذرية deflation، أو عن طريق السحج abraision.

• التذرية Deflation

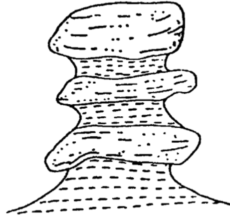
فـى المناطق القـاحلة وشبـه القاحلـة، حيث يندر الغطاء النبـاتى، تتـعرض الصـخور المفككة وجـسيـمات التـربة إلى النقل من مكان إلى آخـر بفعل هبـوب الرياح، ولقد تحـولت مناطق زراعية بهـا تربة خصبـة إلى مناطق ترابية منخفـضة تسمـى جفـان الغبار dust - bowl خلال فترات الجفاف والقحولة. وتوجـد بعـض الأحواض basins تحت منسوب سطح البحر بكثيـر - وخاصة فى مصر - تكونت بعملية التذرية التـى كشفت طبقات الأساس الصخرى مـكونة ما يسمى بالواحات ooses. وبذلك يكون للرياح فعلها التدميـرى وأثرها المفيد. وتؤدى عملية التذرية بفعل الرياح إلى تكوّن معالم عديدة مميزة، ومـثال ذلك تكوّن المنخفضات الضحلة العريضة والتى تسمـح بالمنخفضات المذراة (blow-outs) والتى تتكون حينما يتركز أثـر الرياح بعنف على صخور رخوة غير مـتصلبة وكذلك على التربة. أما جراول التخلف lag-gravels فتتـكون عندما تهب الرياح على التجمـعات الصخريـة غير

المتماسكة فتؤدى إلى تطاير الجسيمات الصخرية الدقيقة بعيدا، مخلّفة الجرول وكسر الصخور الغليظة فى مكانها. وتتكون الأرصفة الصحراوية desert pavements عندما تتعرض تجمعات الجلاميد والحصى الغليظ وأجزاء من صخور حمراء اللون لعملية التذرية، مما يؤدى إلى ترابطها وتماسكها معا بشدة. مكوّنة سطحا ناعما قد يغطى بطبقة رقيقة من بعض أكاسيد الحديد والمنجنيز تشبه الطلاء، ومن ثم تسمى برنيقى (ورنيش) الصحراء desert varnish.

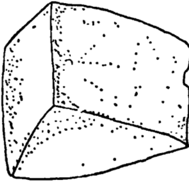
• السحج Abrasion

تتم عملية السحج حينما تحمل الرياح الرمال المفككة وجسيمات الغبار كجزء من حمولة الرياح المنقولة. وتتم عملية السحج بالرياح كعملية لفح رملى sand-blasting طبيعى. ويتمثل الفعل التدميرى للسحج بالرياح فى تأكّل الأعمدة الخشبية للتليغراف وسياج المنشآت وتكوين الحفر والأخاديد فى سطوح الصخور الصلبة. كذلك فإن النوافذ التى تتعرض دائما لتأثير الرياح وما تحمله معها من رمال، قد تصبح فى نهاية الأمر منقرة pitted، أو مشرّخة أو متشظية chipped.

أما حبيبات الرمال نفسها التى تتم بواسطتها عملية السحج، فتتعرض هى أيضا لعملية الحت والبِلى فتصبح هى الأخرى منقرة pitted وتقل أحجامها نتيجة لعملية الحت. وتلعب عملية السحج دورا مهما فى تكوين بعض الأشكال الأرضية، مثل تكوين الأعمدة الصخرية pedestals والموائد الصخرية table rocks التى تبدو على هيئة صخور منعزلة حدثت لها عملية نحر سفلى undercuting بفعل الرمال التى تحملها الرياح، (شكل ٨٤). بالإضافة إلى ذلك، فهناك أنواع معينة من الكهوف التى توجد على جوانب التلال والتى تؤدى عملية التحات بالرياح إلى جعلها فارغة (مفرغة) hollowed. ومن نواتج عملية تحات الرياح ما يسمى بالوجهريحيات ventifacts وهى من الظواهر الشائقة، وتتمثل فى جلاميد وحصى، صقلتها الرياح المحملة بالرمال وكوّنت فيها أخاديد grooves وأوجه faces. وتنشأ هذه الوجهريحيات حينما تهب الرياح المحملة بالرمال على أحد جوانب الحجر، فتشكله على هيئة سطح مستو (شكل ٨٥). وإذا تغير اتجاه الرياح السائدة، فقد تنشأ أوجه أخرى على الجوانب الأخرى للحجر. وإذا كان الحجر



شكل (٨٤)
عمود صخرى تكون بفعل التحات بالرياح



شكل (٨٥)
وجهريحيات، حجر زاوى الشكل بفعل الريح

له وجه واحد تكون له فى العادة حافة حادة واحدة وفى هذه الحالة يسمى «أحادى الوجه einkanter» وهى كلمة ألمانية معناها حرف واحد "one-edge"، وإذا كان للحجر ثلاثة وجوه three- faces، فيكون شكله مثلثيا، ويسمى ثلاثى الوجه dreikanter، وكثيرا ما تتكون فى الصحراء حبيبات كروية من الرمال تسمى رمال حبة الجاوَرْس (الدُّخن) millet-seed sands وهذه الرمال لا تحتوى على الميكا إذ طحنتها الرياح، وهى وسيلة مفيدة للتعرف على أصل الحجر الرملى. فالحجر الرملى الغنى بالفلسبار ولا يحتوى على الميكا فيكون من المحتمل أنه قد تكون فى ظروف صحراوية قاحلة.

١٠-النقل بالرياح Transporation by Wind

تتحدد الطريقة التى تحمل بها الرياح حمولتها بشكل وحجم ووزن الجسيمات الصخرية، وكذلك بسرعة الرياح.

وتستمد المواد المنقولة بالرياح من أماكن تحتوى على كُسارة صخرية مجوّاة ومتفككة (مثل سهول الفيضان، رمال الشواطئ والرواسب المثلجية glacial deposits وكذلك قيعان البحيرات الجافة). وبالإضافة إلى ذلك فالانفجارات البركانية تنتج عنها كميات كبيرة من الرماد الخفيف أو الغبار الذى تحمله الرياح لتنقله إلى أماكن أخرى.

وتستطيع الرياح أن تنقل كميات كبيرة من المواد لمسافات بعيدة جدا. ويتدحرج بعض من هذه المواد على الأرض؛ ويسمى حمولة الطبقة bed load، ويقال إن هذه الحمولة تتحرك بالجرّ أو السَحْب traction. ويتحرك بعض الجسيمات بالوثب saltation وهى حركات تقفز فيها حبيبات الرمال إلى أعلى ثم تعود إلى أسفل. وإذا كانت سرعة الرياح كبيرة بدرجة كافية، فقد تنتقل الجسيمات والحبيبات كحمولة معلقة suspension مع الرياح. وتكون معظم الحمولة المعلقة على ارتفاع أقدام عديدة من سطح الأرض، بينما يحمل الغبار والجسيمات الأخف وزنا على ارتفاعات أعلى فى الرياح الأكثر سرعة والتيارات الهوائية الأشد قدرة، وقد تنقل المواد المحمولة فى المستوى العلوى للرياح إلى مسافات قد تصل إلى آلاف الأميال.

١١-الترسيب بالرياح Wind Deposition

تُرسب الرياح حمولتها عندما تقل سرعتها، أو عندما تتساقط الأمطار أو الثلوج لتغسل الهواء وتجعله نظيفا. وتقل سرعة الرياح عندما تضعف أو تضمحل أو عندما تعترض الرياح عوائق مثل الأشجار أو الأسوار. وتتسبب الرياح فى ترسيب أنواع معينة من الرواسب تعرف باسم الرواسب الريحية aeolian Deposits وتشمل:

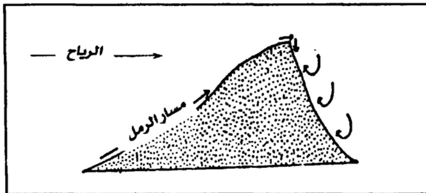
أ- الكثبان dunes. ب- الطيس (اللوس) loess.

أ-الكثبان Dunes

هى تلال أو تجمعات رملية رسبتها الرياح. وتختلف الكثبان فى أشكالها وحجومها طبقا لطبيعة الرياح المرسبة وكمية الرمال المتاحة، وكذلك كمية وتوزيع الغطاء النباتى فى المنطقة. وتتكون الكثبان فى المناطق التى تتوافر فيها كميات كافية من الرمال المفككة غير المحمية unprotected، ورياح قوية كافية لتحريك هذه الرمال. وهذا النوع من المناطق يتمثل فى الصحراوات الرملية، وسهول الفيضان الرملية والشواطئ الرملية sandy beaches على امتداد شواطئ البحار أو البحيرات. ويبدأ تكوين الكثيب عندما يعترض الرياح المحملة بالرمال عائق فيتسبب فى هبوط سرعة الرياح، وربما يكون ذلك العائق شجرة أو سياجا fence. وحينما تضعف سرعة الرياح، تبدأ كمية قليلة من رواسب حمولة

الرياح فى التراكم على الجانب المدابر للعائق leeward side وباستمرار تراكم الرمال خلف العائق، يزداد ترسيب الرمال، لأن الرمال المتراكمة تصبح عائقا فى حد ذاتها. وتستمر هذه العملية إلى أن يصل ارتفاع الكثيب إلى أقدام عديدة. وقد يستمر الكثيب فى نموه وارتفاعه إلى أن يصل إلى مئات الأقدام.

والكثبان التى تتكون فى أماكن تهب فيها الرياح من اتجاه واحد ثابت، تكون لها جانبية profile مميزة (شكل ٨٦)، ويكون لمثل هذه الكثبان انحدار طويل ولطيف على الجانب المقابل للريح، بينما يكون الانحدار شديدا وقصيرا على الجانب المدابر للريح. وهناك علامات غائرة صغيرة تسمى علامات النيم ripple marks توجد على المنحدر المواجه (المقابل) لاتجاه الريح.



شكل (٨٦)
جانبية كثيب رملى نموذجى، اتجاه الأسهم يشير إلى مسار تيارات الرياح

• هجرة الكثبان Migration of Dunes

معظم الكثبان الرملية لا تستقر فى أماكنها، لكنها تهاجر ببطء عندما تهب الرياح، وتدفع الرمال إلى أعلى المنحدر اللطيف المواجه للريح وفوق قمة الكثيب، ومن هناك تنحدر الرمال أو تسقط إلى أسفل الجانب الشديد الانحدار المدابر للريح. وتكرار هذه العملية يؤدى إلى حركة الكثيب الرملى فى الاتجاه المدابر للريح.

وتسمى هذه الحركة باسم هجرة الكثبان. وبالرغم من أن هذه الحركة قد تكون بطيئة (لا تتعدى ٢٥ قدما فى العام)، فإن هناك بعض الكثبان التى تحركت

أكثر من مئة قدم فى العام الواحد. وتستمر الكثبان فى هجرتها إلى أن تغطيه النباتات vegetation ، التى تحمى الرمال من الرياح. وتسمى الكثبان الرملية من هذا النوع باسم الكثبان المثبتة أو الثابتة fixed or stabilized . ولقد عرفت كثبان مهاجرة تتقدم فوق الغابات والمزارع والأراضى وخطوط السكك الحديدية والقرى، وفى بعض الحالات أمكن للإنسان أن يوقف حركة الرمال بزراعة النجيل grass والشجيرات shrubs أو الأشجار وكذلك بإقامة أسوار الحماية protective fences.

• أنواع الكثبان Types of Dunes

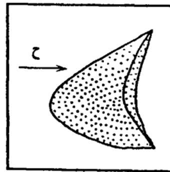
تختلف الكثبان الرملية كثيرا فى الشكل والحجم، ويتوقف ذلك على سرعة واتجاه الرياح وكمية الرمال المتاحة فى المنطقة.

• البرخان Barchans

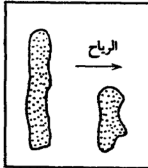
هى كثبان هلالية الشكل، تتميز بطرفين يمتدان على هيئة جناحين مقوسين فى اتجاه الريح (شكل ٨٧). ويتكون هذا النوع من الكثبان الرملية فى المناطق التى تهب منها الرياح فى اتجاه واحد ثابت.

• الكثبان المستعرضة Transverse Dunes

يتكون هذا النوع بصفة خاصة على طول سواحل البحار وشواطئ البحيرات. وتنمو الكثبان المستعرضة بحيث يكون محورها الطويل متعامدا على اتجاه الريح (شكل ٨٨). ويبلغ ارتفاع حيد الرمال فى هذا النوع من الكثبان من ١٠ إلى ١٥ قدما. وقد يصل طوله إلى نصف ميل تقريبا.



شكل (٨٧)
كثيب رملى «برخان»



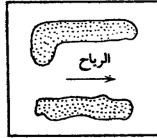
شكل (٨٨)
كثيب رملى مستعرض

•الكثبان الطولية Longitudinal Dunes

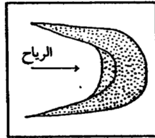
يسمى الكثيب الرملى الذى يكون مـوازيا لاتجاه الريح باسم الكثيب الطولى (شكل ٨٩). والكثبان السـيفية Seif هى نوع خاص من الكثبـان الطولية، وتشبه فى شكلها السـيف العربى، وقد يصل ارتفاع الواحد مـنها إلى ٧٠٠ قدم، ويصل طوله إلى ٦٠٠ قـدم. ويتحد بعـضهـا ببعض لتكوّن مـجموعـات تسمى الحـيود Ridges التى تمتد أميالا عديدة عبر المناطق التى توجد فيها.

•الكثبان الإهليليجية Parabolic Dunes

هى الكثبان التـى لها شكل حرفU وتشبه البـرخان، ومع ذلك فإن الطرف المستدق للكثيب الإهليليجى يشير إلى اتجاه الريح، بينما فى البرخان، يشير الطرف المستدق إلى أسفل الريح (شكل ٩٠).



شكل (٨٩)
كثبان رملية طولية



شكل (٩٠)
كثيب رملى هلالى

ب-الطيس Loess

الجسيمات الصخرية الدقيقة التى تحملها الرياح تتراكم أحيانا وتكون رواسب من الغـبار تسـمى رواسب الطيس(اللوس) loess. وتكون فى العـادة ذات لون أصفر ودقـيقة التحـبب وغير متطـبقة non-stratified وتتكون رواسب الطيس من كسر صغيرة حادة الزوايا من مجمـوعة من المعادن. وتستمد هذه المعادن من الغبار السطحى المنقـول من الصحراء وسهول فيضانات الأنهار ورواسب الاكتـساح الثلجى والدلتات. وتتميز رواسب الطـيس بأنها لصيقة cohesive ولها قدرة على تكوين

جروف وعـرة شديدة الانحـدار أو ذات أسطح رأسـية. ورواسب اللوس معـروفة بقـدرتها على تكوين تـربة خصـبة ذات نسـيج صخـرى دقـيق ولونها مـائل إلى الاصفرار ولهذه التربة أهمية زراعية كبيرة فى المناطق التى تسقط فيها الأمطار.

وفى نهاية العصـر الجليدى ترسب حزام من رواسب الطيس امتـد من فرنسا حتى الصين، ويظهر هذا الحزام فى فرنسا على هيئة رواسب قليلة الثخانة من مواد مثلجـية، ثم تبدأ ثخـانته فى الازدياد بثبات عـبر روسيـا إلى أن يصل إلى أقصى ثخانة له فى الصين، حيث يتكون من مواد مستمدة من الصحراء.

١٢-الحركة الكتلية للصخور والتربة Mass Movement of Rocks and Soil

تحدث الحركـة الكتلية mass movement عندما تتحـرك المواد الأرضية إلى أسفل المنحدرات بفعل قوة الجاذبيـة. ويحدث هذا النوع من التحات فى أى منطقة ذات انحدار شديد بدرجـة تكفى لتحرك الركام الصـخرى إلى أسفل. ومن المعلوم أن كل سطوح الأرض تكون لهـا درجة معـينة من الانحدار، وقدرة المـنحدر على مقاومة الجاذبية تتوقف أكثر ما يمكن على القدرة التماسكية للمواد الأرضية المكونة للمنحدر.

وفيما يلى مناقـشة لبعض العوامل الأخرى التى تساعـد الجاذبية فى التغلب على مقاومة المنحدر لتحرك الصخور والحطام الصخرى إلى أسفل:

• المياه Water

على الرغم من أن الحركة الكتلية قـد تحدث لمواد جافة أو رطبة، إلا أن الماء يساعـد كثـيرا على حركـة الحطام الصخـرى إلى أسفل. ويؤثر الماء فى الصـخور الصلصاليـة مما يجعلهـا زلقة slippery؛ والرطوبة تزيد من وزن الكتل الصـخرية وتدفع جسيمات الصخر إلى الانفـصال بعضها عن بعض، ومن ثم تتناقص درجة تماسك التربة soil cohesion.

• التجمد والانصهار Freezing and Thawing

حينـمـا يتجـمـد الماء الموجود فى فـراغات الصـخر والتـربة، فإنه يتـمدد، وتتفكك المواد الصخـرية نتيجة للتـجمد والانصهار المتـبادل. وفى بعض الأحوال

يكون الثلج المتمدد كافيا لكى يدفع الصخور إلى أسفل المنحدر. وتحدث هذه الظاهرة ويظهر أثرها فى المناطق العالية حيث يحدث التجمد والانصهار كل يوم تقريبا.

• التقويض السفلى Undercutting

يؤدى التقويض السفلى بفعل الأنهار وكذلك ما يفعله الإنسان من عمليات الحَفْر إلى إزالة الدعامات ومن ثم سقوط المواد إلى أسفل.

• النشاط العضوى Organic Activity

تدفع الحيوانات التى تسير على سطح الأرض (مثل الغزلان أو الماشية) المواد الصخرية لتسقط أسفل المنحدرات، وكذلك تفعل الحيوانات الحفارة ما يسبب تكوين الحفر والفجوات بإخراج كسارة الصخور والتربة وإلقائها عند أقدام المنحدرات.

• موجات الارتطام Shock Waves

تتسبب الذبذبات العنيفة التى تنشأ عن التصدع والتفجير، وكذلك كثرة المرور الثقيل heavy traffic فى إحداث إجهاد stress على المواد الصخرية، مما يؤدى إلى حركتها إلى أسفل المنحدر، ومثال ذلك ما حدث فى المتنزه القومى فى يلوستون Yellowstone National Park فى أميركا فى أغسطس ١٩٥٩ حينما حدث انزلاق أرضى من أثر زلزال حدث فى المنطقة.

وقد تحدث الحركة الكتلية فجأة وبعنف، كما هو الحال فى الانزلاقات الأرضية، أو فى حالات زحف التربة soil creep. ولنناقش الآن الأشكال المختلفة للحركة الكتلية للصخور سواء منها الحركات السريعة أو البطيئة.

١٣- الحركات السريعة Rapid Movements

تحدث معظم الحركات السريعة لمواد الأرض نتيجة للقوى التى تعمل بالتدريج على إضعاف الوشاح الصخرى على مدى زمنى طويل. وهناك أمثلة شائعة للحركات السريعة مثل:

• ركام السفوح Scree

يتكون ركام السفوح من كسارة الصخور المجواة التى تتجمع عند أقدام الجبال أو الجروف. ويتراكم هذا الركام بالتدريج عندما تنفصل جسيمات الصخر من وجه الجرف وتتدحرج إلى أسفل.

• الانزلاقات الأرضية Landslides

تعد الانزلاقات الأرضية أعنف وأوضح أنواع الحركة الكتلية للصخور. وتتميز الانزلاقات الأرضية بأنها حركات فجائية لكميات كبيرة من الصخور والتربة تندفع إلى أسفل. وتحدث مثل هذه التحركات على الأسطح الشديدة الانحدار التى تتراكم فوقها صخور مجواة. ويتغلغل ماء المطر أو الماء الناتج عن ذوبان الثلوج فى داخل كتلة الحطام الصخرى الموجود على سطح شديد الانحدار، فيضيف وزنا كافيا لجعل الكتلة تتحرك بأكملها وتنزلق إلى أسفل. ومن أمثلة الحركات السريعة، الانهيار الثلجى avalanches الذى تتحرك فيه الثلوج مع جزء من التربة والصخور. وتعد الانزلاقات الصخرية rock slides من أنواع الانزلاقات الأرضية المدمرة، إذ يحدث فيها تحرك الأساس الصخرى وكذلك الوشاح الصخرى فى آن واحد.

• تدهور الصخور Slump

يحدث هذا النوع من الانزلاقات الأرضية عندما تتحرك الكتل الضخمة للمنحدر إلى أسفل وكذلك إلى الخارج (تنخلع) بفعل شد الجاذبية gravitational pull. وتحدث مثل هذه الحركات فى المواد غير المتصلبة نتيجة للتقويض من أسفل under cutting أو نتيجة لازدياد درجة انحدار المنحدر إلى الحد الذى لا يستطيع أن يتحمل وزنه. وتحدث ظاهرة التدهور على طول ضفاف الأنهار أو جدران الوديان المنحدرة.

وهناك العديد من الانزلاقات الأرضية المدمرة التى لا يزال يتذكرها الأحياء، مثل الكارثة التى حدثت فى ألبرتا Alberta بكندا فى عام ١٩٠٣، حينما انفصلت فجأة كتلة صخرية تقدر بحوالى ٤٠ مليون ياردة مكعبة من واجهة جبل ترتل Turtle Mountain وهبطت فوق مدينة فرانك (وهى مدينة صغيرة قريبة من منجم

فحم) واندفعت هذه الكتلة الصخرية لمسافة ميلين وأربعمئة قدم من الجانب الآخر وقد كان مجمل زمن الحركة أقل من دقيقتين، وفقد سبعون من سكان بلدة فرانك أرواحهم فى هذه الفترة الزمنية القصيرة. وقد ينشأ تدهور الصخور بسبب إهمال الإنسان مثلما حدث فى كارثة أبرفان Aberfan عام ١٩٦٦ حيث حطم كوم من الخبث slag - heap مدرسة ومات العديد من الطلاب. وقد تنشأ الانزلاقات الأرضية عندما يقوم الإنسان بإنشاء الجسور .

• انسياب الطين Mud flow

عندما تختلط كتل صخرية كبيرة وتربة بالماء يصير قوام هذا الخليط مثل الطين ويمكن أن يحدث له انسياب . ويحدث هذا النوع من الانسياب فى بعض المناطق القاحلة والمناطق الجبلية شبه القاحلة، التى تتعرض لأمطار غزيرة بشكل غير عادى. وكقاعدة عامة، فإن هذا الانسياب ينشأ فى الأخاديد ذات الجدران المنحدرة بشدة، ويتخذ انسياب الطين مجرى له إلى أسفل الوادى وقد يسبب دمارا كبيرا للأشياء التى تعترض مساره.

• انسياب التراب Earthflow

يختلف انسياب التراب عن انسياب الطين من حيث كمية الماء التى يحتويها. وينساب التراب عادة ببطء أكبر من انسياب الكتل الطينية المائعة.

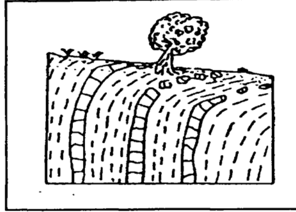
١٤- الحركات البطيئة Slow Movements

بالرغم من أن الحركات البطيئة تفتقر إلى عنصر المفاجأة، إلا أن النتائج الجيولوجية النهائية لها، قد تكون أكبر من تلك التى تسببها الحركات السريعة.

• زحف التربة Soil Creep

تؤدى الجاذبية إلى حركة المواد الصخرية إلى أسفل عن طريق زحف التربة، وهذه الحركة بطيئة للغاية وتحدث عادة على المنحدرات الرطبة والتى لا تكون منحدرة بشدة لدرجة تسمح بحدوث الانزلاقات الأرضية. وعندما يتحرك الوشاح الصخرى ببطء إلى أسفل، فقد يتسبب فى إمالة الأشجار وتحريك الأسوار من

الصخـرى ببطء إلى أسفل، فقـد يتسبب فى إمـالة الأشجار وتحـريك الأسوار من مكانها وتحـريف الطبقات الصخـرية (شكل ٩٠). وقد تتزايد سرعـة زحف التربة بفعل الصـقيع، نتيجـة للتجمد والانصـهار التبـادلى، وكذلك نتيجـة لفعل بعض النباتات والحيوانات.



شكل (٩٠)
زحف التربة
(لاحظ تحرك الطبقات لأسفل، وإمالة الأشجار)

• سيلان التربة Solifluction

هى حركة إلى أسفل تميز المناطق التى تتجمد فيها الأرض لأعماق ملحوظة. ويحـدث سيلان التربة عندما يذوب الجزء العلوى للوشاح الصخرى ويصبح مشبعا بالماء. بينما الجزء الذى تحـته والذى لا يزال متجمدا يعـمل كسطح انزلاقى للجزء المشبع بالماء من الوشاح الصـخرى فيتحرك هذا إلى أسفـل، حتى لو كان الانحدار لطيفا وبسيطا. ويعـد سيلان التربة ظاهرة مميزة فى المناطق المتجمدة وشـبه المتجمدة ومناطق الجبال العالية.

الفصل التاسع

المحيطات والخطوط الساحلية

OCEANS AND SHORELINES

تغطى محيطات العالم ما يقرب من ٧١ ٪ من سطح الأرض، وتترسب فى البحار أغلب التربة التى تجرف من سطح الأرض نتيجة لعمليات التحات. وبالإضافة إلى الأهمية الكبيرة للمحيطات من الناحية الجيولوجية فإن لها فوائد كثيرة للإنسان، فهو يستخدمها طرقًا للتجارة، بالإضافة إلى أنها المسئولة عن تنظيم المناخ، وتعد أيضا المصدر الأول للماء. وتبلغ مساحة سطح المحيطات ما يقرب من ١٥٠ مليون ميل مربع (٤٠٠ مليون كم^{2}). وتغطى المحيطات ٨١٪ من سطح نصف الكرة الجنوبى، كما أنها تغطى ٦١٪ من سطح نصف الكرة الشمالى. والمحيطات أجسام مائية متصلة وعلى ذلك فإن أية سفينة تستطيع أن تبحر من أى محيط إلى المحيطات الأخرى. وتشمل المحيطات الخلجان المتصلة بها سواء منها الكبيرة أو الصغيرة، وهكذا فالبحر الأبيض المتوسط يعد هو والبحر البلطيقى أجزاءً من المحيط الأطلنطى.

١-تقسيم المحيطات Division of Oceans

يميز الجغرافيون وجود خمسة محيطات هى المحيط الهادى والمحيط الأطلنطى والمحيط الهندى والمحيط المتجمد الشمالى والمحيط المتجمد الجنوبى. ويعد المحيط الهادى أكبر المحيطات وأعمقها، ويمثل $\frac{3}{8}$ المساحة الكلية للمياه تقريبا. ويقع أعرض جزء من هذا المحيط عند خط الاستواء ويبلغ عشرة آلاف ميل (١٦ ألف كيلو متر تقريبا) والمحيط الأطلنطى هو الثانى فى ترتيب المحيطات من حيث المساحة، ويشكل ربع المساحة الكلية للمحيطات، ويتردد عرضه بين

٢٠٠٠ و ٤٢٠٠ ميل (أى ٣٢٠٠-٦٧٠٠ كم). وثالث المحيطات من حيث المساحة هو المحيط الهندى، ويبلغ قطره حوالى ٦٠٠٠ ميل (٩٦٠٠ كيلو متر تقريبا) وهو يشكل $\frac{1}{8}$ (ثمن) المساحة الكلية للمياه. ويعد المحيط المتجمد الشمالى امتدادا للمحيط الأطلنطى ويتردد عرضه بين ١٥٠٠ و ٣٠٠٠ ميل (٢٤٠٠-٤٨٠٠ كيلو متر)، ويشكل $\frac{1}{30}$ من المساحة الكلية للمياه، وتغطى سطح المحيط المتجمد الشمالى طبقة من الجليد سمكها يتردد بين ٨ و ١٠ أقدام، تظل متجمدة معظم العام. أما المحيط المتجمد الجنوبى فيمثل القدر المتبقى من مياه المحيطات وهو يحيط بالكتلة البرِّية حول القطب الجنوبى والمسماة بالقارة القطبية الجنوبية Antarctica.

٢- عمق المحيطات Depth of the Oceons

كما أشرنا من قبل، فإن المحيط الهادى يعد أعمق المحيطات، إذ يبلغ عمق مياهه ١٤ ألف قدم (حوالى ٤٣٠٠ متر). وأعمق جزء فيه هو منطقة ماريانا Mariana، التى تقع غرب المحيط الهادى ويبلغ العمق عندها ٣٥٨٠٠ قدم. ويأتى المحيط الهندى فى المرتبة الثانية من ناحية العمق، ويبلغ متوسط عمقه ١٣ ألف قدم تقريبا، فى حين أن متوسط العمق فى المحيط الأطلنطى يبلغ ١٢٨٠٠ قدم تقريبا، ويبلغ متوسط عمق المحيط المتجمد الشمالى ٤٠٠٠ قدم مما يجعله ضحلا بالنسبة للمحيطات الأخرى.

وأغوار المحيطات هى الأماكن التى يزيد عمق الماء فيها على ١٨ ألف قدم، ويوجد ٥٧ مكانا من هذا النوع فى المحيطات، ويشمل المحيط الهادى منطقة ماريانا التى تقع بالقرب من جزيرة جوام Guam وهناك أيضا غور سواير Swire Deep أو وهدة الفلبين Philippine Trough (٣٥٤٣٠ قدم) الذى يقع فى شمال شرق جزيرة منداناو Mindanao. ويبلغ أعمق مكان فى المحيط الأطلنطى ٢٩ ألف قدم (أى قدر ارتفاع قمة جبل إفرست Everest). ويقع فى غور ملووكى Milwaukee أو وهدة بورتوريكو Puerto Rico Trough شمال بورتوريكو مباشرة.

والعمق فى المحيطات يفوق الارتفاع فى سطح الأرض، ومما يثبت ذلك أن متوسط العمق فى البحار يبلغ ١٣٠٠٠ قدم (حوالى ٢,٥ ميل) بينما يبلغ متوسط الارتفاع على سطح الأرض ٢٦٠٠ قدما (أى حوالى ميل واحد). وهذا يعنى ببساطة أنه إذا افترضنا أن القارات قد تعرضت لعمليات التحات، وألقيت المواد التى نتجت عن التحات فى المحيطات، فسوف تظل الأرض مغطاة ببحر عالمى كبير متوسط عمق الماء فيه ميلين.

٣- تركيب مياه المحيط Composition of Ocean Water

تحتوى مياه المحيط على كميات هائلة من الغازات الذائبة؛ مثل الأكسجين والنتروجين وثانى أكسيد الكربون، بالإضافة إلى مواد معدنية أخرى، وتشمل المواد الصلبة الذائبة فى مياه البحار حسب النسب المئوية لوجودها وكذلك رموزها الكيمائية ما يأتى:

كلوريد الصوديوم	NaCl	٪٧٧,٧٦
كلوريد المغنسيوم	$MgCl_2$	٪١٠,٨٦
كبريتات المغنسيوم	$MgSO_4$	٪٤,٧٤
كبريتات الكالسيوم	$CaSO_4$	٪٣,٦٠
كبريتات البوتاسيوم	K_2SO_4	٪٢,٤٦
كربونات الكالسيوم	$CaCO_3$	٪٠,٣٤
بروميد المغنسيوم	$MgBr_2$	٪٠,٢٢

ومن الواضح أن المواد الصلبة الموجودة فى مياه المحيطات هى الأملاح، ويكوّن كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) ٧٥ ٪ من إجمالى المواد الصلبة الذائبة فى مياه المحيطات. ولكن من أين تأتى هذه الأملاح؟

يأتى الجزء الأكبر من هذه الأملاح من عملية غسل التربة والصخور، ثم نقل الأملاح الذائبة عن طريق الأنهار. وقد تختلف نسبة الأملاح التى تحتويها مياه المحيط من منطقة لأخرى. فمثلا، قد تحتوى مياه المحيط على نسبة أكبر من

الأملاح فى المناطق التى يحدث فيـها تبخُّر بدرجة كبيرة، وتنخـفض نسبة الأملاح فى المحيطـات فى الأماكن الباردة أو الأماكـن التى تتعرض لأمطار غزيرة، وكذلك فى الأماكن التى تلتقى عندها الأنهار والبحار.

٤-الحياة فى المحيط Life in Ocean

يَمُوج البحر بأعـداد لا تحصى مـن الـنباتات والحيوانات. وهذه الكائنات إما أن تكون طافـيـة أو سـابحـة أو زاحـفـة، أو تحـفـر لهـا أمـاكن فى أرضـيـات المحيطات. وهنـاك أيضا بعض النباتات والأعـشاب التى تفـرز الكالسيـوم وكذلك المراجين التى تبنى لها هيـاكل جيرية كبيرة تسـمى الشعاب reefs. وتوجد أغلب الحيـاة البحـرية فى الأماكن الضـحلة التى تقع عند حافـات البحار عـلى سواحل القارات فيـما يطلق عليه اسم البحـار فوق القارية epicontinental seas. ومعظم التكاوين الصخرية المحتوية على حفـريات ترسبت فى بحار مماثلة فى أزمنة ما قبل التاريخ.

٥-أرضية المحيط The Ocean Floor

توجد بأرضية المحيط سلاسل جبلية وهضاب ومعالم طوبوغرافية بارزة تشبه تلك التى توجد على سطح الأرض. لكن الطوبوغرافيا الموجودة تحت الماء تعتبر أقل وعورة rugged من طوبوغرافيـا سطح الأرض بشكل عام. وتنقسم أرضـية المحيط إلى ثلاثة أجزاء: الرف القارى والمنحدر القارى والمنطقة السحيقة التى تكوِّن أرضية المحيط العميقة. (انظر شكل ٩٢).



شكل (٩٢)

الأقسام الأساسية لأرضية المحيط

• الرف القارى Continental Shelf

يطلق اسم الرف القارى على الأجزاء الحافيّة المنبسطة للقارات والتى تغطيها مياه البحار. وتنحدر الرفوف القارية من سواحل القارات تدريجيا متجهة نحو المحيط. ويبلغ متوسط عرض الرف القارى ٤٠ ميلا تقريبا. ويبلغ متوسط عمق الماء فيه ٤٠٠ قدم.

• المنحدر القارى Continental Slope

عند الحروف الخارجية للرف القارى، تزداد درجة انحدار أرضية البحر بشدة، حتى أن انحدار بعضها يزيد على ٣٠٠٠ قدم فى مساحة صغيرة نسبيا. ويحدث ذلك فى الأماكن العميقة من المحيط. وتوجد أخاديد بحرية عميقة deep submarine canyons فى بعض الأماكن على أرضيات المنحدرات القارية والرفوف القارية، وأحد هذه الأخاديد هو أخدود هدسون تحت البحرى Hudson Submarine Canyon، الذى يبلغ عمقه ٢٤٠٠ قدم وعرضه حوالى ثلاثة أميال وطوله ١٢٥ ميلا. ويبدو هذا الأخدود وكأنه امتداد لوادى نهر هدسون.

وهناك أخاديد أخرى ليست امتدادا لوديان الأنهار، وأصل تكوين هذه الأخاديد ليس معروفا بالضبط. ويعتقد بعض العلماء أن هذه الأخاديد تكونت بفعل تحركات الأرض تحت الماء والتحات الناتج عن المد والجزر، وكذلك التغير فى منسوب سطح البحر خلال الفترات الجليدية، وتيارات التعكير (أو الماء المحمل بالطين والمتحرك بسبب كثافته العالية بسرعة تختلف عما يجاوره).

• أرضية البحار العميقة أو المنطقة السحيقة Deep-Sea Floor or Abyssal Zone

هى ذلك الجزء من أرضية المحيط الذى يمتد من قاعدة المنحدر القارى إلى البحر، ويطلق عليه أرضية البحار العميقة أو المنطقة السحيقة.

ويلاحظ أن أرضية المحيط ليست منبسطة، لكن توجد بها سلاسل جبلية، وقمم بركانية، ووديان، وأحواض عميقة. وتتميز أرضية قاع المحيط بما يلى:

- السهول السحيقة Abyssal Plains

هى مناطق منبسطة وكبيرة يزداد عمقها بالتدريج بواقع خمسة أقدام لكل ميل تقريبا.

- أخاديد البحار العميقة Deep-Sea Trenches

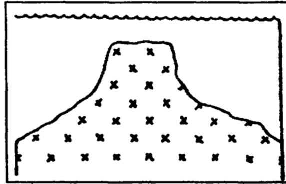
يطلق عليها أيضا اسم أغوار المحيط، وهى أحواض ضيقة ومستطيلة، توجد على قاع البحر، ويوجد الكثير منها عند سفح المنحدر القارى وبالرغم من أن أصلها غير معروف، إلا أنها قد تصاحب التصدع تحت البحرى submarine faulting.

- جبال البحر Sea mounts

هى مرتفعات منعزلة تشبه الجبال، ويبلغ ارتفاعها عادة ٣٠٠ قدم، وقد توجد هذه الجبال على الحيود الوسطى (مرتفعات ضيقة شديدة انحدار الجوانب تبرز من أرضية المحيط). وقد توجد أيضا على أرضية المحيط العميقة نفسها.

- الجيوتات Guyots

هى تلال ذات قمم منبسطة (انظر شكل ٩٣)، ترتفع من قاع المحيط ويغطيها فى العادة من ٣٠٠٠-٦٠٠٠ قدم من الماء. ويعتقد أن جيوتات المحيط الهادى المشهورة هى براكين مغمورة بالماء submerged volcanoes كشطتها حركة الأمواج.



شكل (٩٣)

«جيوت»

- يوجد على عمق من ٣٠٠٠-٦٠٠٠ قدم تحت الماء

٦- حركات البحر Movements of the Sea

يمكن لأى شخص يشاهد الحركة الدائمة القلقة لأمواج البحر، أن يفهم مدى فعل البحر وأثره كعامل جيولوجى. فالمد والجزر والتيارات والأمواج والأنماط

الرئيسية من تحركات مياه المحيط، تعمل دائما على تغيير شكل الصخور التى توجد بالقرب من الشاطئ.

وأسباب حركة البحر التى لا تهدأ، متنوعة ومعقدة، لكنها ترجع بالدرجة الأولى إلى المد والجزر والرياح وتغيير كثافة مياه البحر وكذلك حركة دوران الأرض.

• المد والجزر Tides

يسبب المد والجزر ارتفاع وانخفاض المياه فى البحار على فترات (مرة كل ١٢ ساعة و ٢٦ دقيقة)، فالمد يتسبب فى ارتفاع منسوب مياه المحيط تدريجيا، حتى يبلغ المد مداه بعد ٦ ساعات و ١٣ دقيقة، ثم تبدأ المياه فى التراجع ببطء على نفس المدى الزمنى، وأثر المد والجزر ضئيل فى البحار المفتوحة، والفرق بين المد والجزر يبلغ قدمين، ويسمى هذا الفرق بمدى المد tidal range. لكن مدى المد يزداد زيادة كبيرة بالقرب من الساحل، فقد يتردد بين قدمين (أو أقل قليلا) فى البحر المتوسط وثلاثين قدما فى ممرات المياه الضيقة، كما هو الحال فى إقليم مِرْسى Mersey وقناة برستول Bristol، فى إنجلترا، حيث يبلغ المد فى فصل الربيع أكثر من أربعين قدما فى الارتفاع. وتوجد أماكن أخرى فى العالم يبلغ ارتفاع المد فيها ٥٠ قدما. ويعزى السبب فى الارتفاعات المدية الكبيرة فى قناة برستول إلى الارتفاع المفاجئ فى المد tidal bore وهو عبارة عن جدار من الماء يتقدم بقوة، وينتج من دخول المد فى خلجان صغيرة وعند مصبات الأنهار.

ويختلف مدى المد حسب أطوار القمر وبعده عن الأرض. ومن العوامل التى تؤثر فى مدى المد، نوعية الخط الساحلى والتضاريس الطبيعية لأرضية المحيط. وتنشأ حركة المد والجزر نتيجة لتأثير جاذبية القمر للمياه التى توجد على سطح الأرض، كذلك فإن قوة جذب الشمس تؤدى إلى ارتفاع المد أيضا. بالإضافة إلى أن القوى الطاردة المركزية الناشئة عن دوران الأرض تساعد على زيادة أثر القوى الآتية من الشمس والقمر على عملية المد.

• التيارات Currents

تسمى التحركات المحدودة لكتل من مياه البحر باسم تيارات المحيط، وتنتج عن فعل الرياح أو المد والجزر أو الاختلاف فى درجة تركيز الأملاح، وكذلك تنتج

عن حركة دوران الأرض ونسبة تركيز الماء العكر والماء المحمل بالطمى، هذا بالإضافة إلى أن التغيرات التى تطرأ على كثافة الماء بسبب تغيرات درجة الحرارة تسبب حدوث التيارات المائية أيضا.

ومن التيارات المائية المهمة، تيار الخليج Gulf Stream والذى يعرف باسم انجراف شمال الأطلنطى North Atlantic Drift عندما يصل تأثيره إلى السواحل الشمالية والغربية لأوربا. وتيار الخليج هو المسئول عن فصول الشتاء المعتدلة نسبيا ببريطانيا، وهو الذى يجلب معه الفونة الغنية ويشجعها على الاقتراب من هذه الشواطئ. وبالإضافة إلى تيارات المحيط، فهناك أنواع من التيارات الساحلية القاصرة على المناطق الساحلية، وتشمل تيار السحب السفلى undertow، وهو تيار مائى يتجه نحو البحر تحت الموجات الوافدة نحو الشاطئ. وكذلك تيارات القَطْع rip currents (وتنشأ بسبب الماء العائد إلى المحيط)، وهو من التيارات السريعة الملاصقة والموازية لخط الساحل، وأيضا تيارات السواحل الطويلة long shore currents التى تنشأ عن الموجات التى تضرب الشاطئ بزاوية مائلة، وتؤدى إلى خلق تيارات موازية لخط الشاطئ. ولتيارات السواحل الطويلة أهمية كبيرة فى تشكيل خطوط السواحل.

• الأمواج Waves

تنشأ الأمواج نتيجة لاحتكاك الرياح مع سطح الماء، وهى عبارة عن حركة الماء الرأسية من أعلى إلى أسفل. ويتحرك سطح الماء بفعل حركة الأمواج وفى الاتجاه الذى تهب فيه الرياح. وتتكون كاسرات الأمواج breakers عندما تدخل الموجة إلى المياه الضحلة بالقرب من الشاطئ. ويؤخر قاع المحيط الجزء السفلى من الموجة، فى حين أن جزءها العلوى يكون له قصور ذاتى هائل، مما يسبب شدة اندفاع الموجة ثم كسرها.

وتختلف الأمواج كثيرا فى حجومها، فمنها الأمواج الصغيرة التى يحركها نسيم خفيف، ومنها الأمواج الضخمة التى قد يبلغ ارتفاع الموجة منها من ٢٥ إلى ٥٠ قدما، وتنشأ بسبب العواصف. وقد تنشأ أضرار مادية جسيمة من الأمواج الضخمة العالية، وذلك عندما تندفع الأمواج عبر الأراضى المنخفضة التى تقع على الساحل. كذلك تنشأ الأمواج الجبارة نتيجة للزلازل التى تحدث أحيانا فى قاع

المحيط. وتعد هذه الأمواج المعروفة باسم التسونامى Tsunami من أضخم أمواج المحيط وأكثرها قدرة على التدمير، وسوف نتناول هذا النوع من الأمواج بالدرس فى الفصل الحادى عشر.

والعمل الجيولوجى للبحر يشبه العمل الجيولوجى للماء والمثالج والرياح. فالبحر يؤدى دوره فى التحات والنقل والترسيب وذلك عن طريق الأمواج والتيارات المسببة للأمواج وقد يكون تأثيرها على خط الساحل واضحا وجليا.

٧-التحات البحرى Marine Erosion

عندما تهاجم الأمواج الشواطئ فإنها تسبب تحاتا فيها عن طريق مجموعة من العمليات المترابطة. ويعتمد مدى تأثير الشاطئ وتآكله ومقاومته على نوعية وطبيعة صخور الشاطئ. وكذلك على عنف الأمواج. وفى حالات نادرة، لاحظ أصحاب المنازل القريبة من الشاطئ والتى تحيط بمنازلهم حدائق جميلة، أن مساحة حدائقهم تتضاءل فى كل عام، وأن منازلهم ذاتها تتحطم بالتدريج وتنزلق فى الماء.

• عمليات التحات البحرى Processes of Marine Erosion

يحدث التحات بفعل الأمواج بطرق عديدة، مثل التحطيم نتيجة للفعل الهدروليكى للماء، عندما تضرب الأمواج العاتية رسوبيات رخوة ضعيفة التصلب أو الصخور المتمفصلة. كذلك قد يتعرض الساحل لعملية السحج abrasion، حينما تحمل الأمواج والتيارات الشديدة فتات الصخور، التى تطحن بعض صخور الشاطئ وتهدمها. وعندما تكون الصخور المنكشفة للشاطئ من الحجر الجيرى، فإنها تتأثر بالذوبان والتفتت بفعل الأمواج.

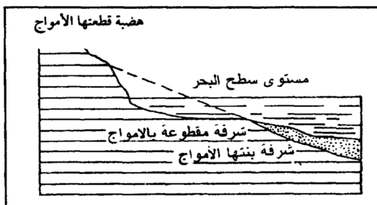
• المظاهر التى تنتج عن التحات البحرى Features Formed by Marine Erosion

تتكون كثير من المظاهر الطبيعية الخلابة على السواحل، نتيجة لعملية التحات الموجى، وبعض هذه المظاهر هى:

• جروف البحر Sea Cliffs

تسمى جروف البحر أحيانا باسم جروف قطع الأمواج (شكل ٩٤). ويتكون جرف البحر من تكهف الصخور المعلقة، بعد أن تكون الصخور التى تحته

قـد تم نحـاتـهـا بواسطة الأمـواج. ويـكون الجـرف عـمـوديـا وهو من الأشكال المألوفة. ومن أشهر الأمثلة جروف دوفر العمـودية الطباشيرية البيضاء. وهناك أيضا حروف أسنان المنشار saw-tooth cliffs التى توجد حـول خليج أستـراليا العظيم Great Australian Bight، ويبلغ طول الجـروف ٢٠٠ ٧ ميـلا، وتعد أطول امـتداد متصل لجروف بحرية فى العالم.



شكل (٩٤)
مظاهر متكونة بالنحات البحرى والترسيب

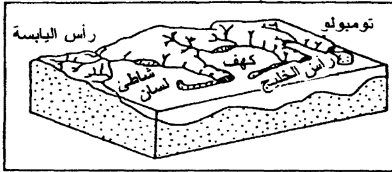
• منصات قطعتها الموج Wave-Cut Benches

هى بنيات تشبه المنصـات المنبسطة نسبيا، وتمتد من قـاعدة الجرف فـى اتجاه البحـر، وتسمى أيضا شرفـات قطعتها الأمواج (شكل ٩٤). وتعـد هـذه المنصـات من المعـالـم المميـزة لسـاحل يوركشـيـر بين ويتبـاى Whitby وخليج روبين هود بـبـ بطانيا. وتوجـد معـالم أخرى على هذه الشـواطئ مشـابهة لقـواعد المنـصات pedestals التى ذكرت فى الفصل الثامن. وفى هذه الأماكن نجد أن طبقات الطفلة الدكناء dark shale قد تلاشت وخلفت رؤوسا من مواد أكثر صلابة، تنتصب فى هيئة أشكال عش الغراب.

• الرؤوس البرية Headlines or Promontories

هى بروزات تشبه أصابع اليد، تتكون من صخور ذات درجة مقاومة عالية، تمتد فى البحر (شكل ٩٥). ومـن أمثلة الرؤوس البرية، التكاوين الطباشيرية الصلبة فى كلفـردون Culver Down على جـزيرة وايت Wight، التى تكون منصـة من

أرض مرتفعة تقع بين خليج الجرف الأبيض Whitecliff Bay وخليج ساندون Sandown، حيث حدثت عملية التحات فى الجروف الأحدث للصخور الإيوسينية، بينما حدث التحات فى صخور الدور الطباشيرى فى منطقة خليج ساندون. وتسمى التعرجات المائية التى توجد بين هذه الرؤوس البرية بالشروم Coves كتلك الموجودة فى دورست بإنجلترا.



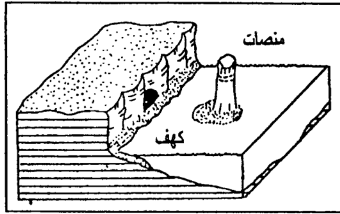
شكل (٩٥)
مظاهر خط الشاطئ التى يكونها التحات البحرى والترسيب

• الكهوف والأقواس والقوائم البحرية Sea Caves , Sea Arches and Stacks

تنشأ الكهوف البحرية عن الحركة الدائبة للأمواج، نتيجة لفعل الأمواج فى تفريغ الجرف البحرى من الداخل. ومن الأمثلة الجيدة التى يمكن مشاهدتها تلك الموجودة عند «رأس فلامبورو» Flamborough Head فى يوركشير، حيث يظهر الشاطئ نوعية خاصة من التحات تسمى «فجوات المحاليل solution hollows وهنا تؤثر المحاليل كيميائيا على الشاطئ المقطوع بالأمواج wave cut والمكون من الطباشير، ويؤدى ذلك إلى تكوين ثقوب وفجوات. وقد تخترق الأمواج تماما رأسا من هذه الرؤوس البحرية، فتشكل أقواسا بحرية. وإذا انهار القوس فإن الصخور المتبقية عند الرأس تنفصل لتكون قوائم بحرية stacks، والمثال الواضح على ذلك يمكن مشاهدته فى جزيرة وايت Wight (انظر شكل ٩٦).

٨- النقل البحرى Marine Transportaion

ليست الأمواج والتيارات المائية هى أهم عوامل التحات الرئيسية فقط، لكنها أيضا عامل مهم من عوامل النقل، فالتيارات التحتسطحية undertow وكذلك



شكل (٩٦)
مظاهر ساحلية تكونت بالتحات البحرى

التيارات العنيفة المتدفقة rip curreuts، تحمل جسيمات الصخور إلى البحر، حيث تلتقطها التيارات الساحلية، وتنقلها إلى مناطق أكثر عمقا. وهذه المواد المنقولة إما أن تكون فى صورة مذابة أو معلقة suspension وتجرفها التيارات البحرية إلى مسافات طويلة، حيث يتم ترسيبها فى أماكن بعيدة عن الساحل. وهناك تتعرض لمزيد من عمليات التحات، فتصبح جسيمات الصخور المفتتة والمنقولة أكثر استدارة وأقل حجما.

٩- الترسيب البحرى Marine Deposition

عندما تنخفض سرعة الأمواج والتيارات البحرية، فإنها ترسب حمولتها. وبالإضافة إلى ذلك فإن الأمواج القريبة من الشاطئ تلقى بالرواسب الفتاتية وجسيمات الصخور على الشاطئ، وتكون مكونة دائما من فتات الصخر الذى تكون بفعل التجوية الميكانيكية للقارات، وهى تختلف كثيرا عن الرواسب البرية terrestrial أو الرواسب القارية continental.

• معالم تتكون بفعل الترسيب البحرى

فى الوقت الذى تحدث فيه عملية التحات فى منطقة معينة من الشاطئ تحدث عملية ترسيب بحرى فى أماكن بين المد العالى والمنخفض تعرف باسم الرواسب الشاطئية littoral deposits. وهذه المعالم الترسيبية، مثل تلك التى تتكون بالتحات البحرى، تميز معظم خطوط الشواطئ وأمثلتها ما يأتى:

• القضاض (جمع قضة) Beaches

القضَّة هى تراكمات الحطام الصخرى التى تترسب على خط الساحل، فوق مستوى الجزر المنخفض. وهى من المعالم الانتقالية، ومع أن معظم الشواطئ تكون رملية فى العادة، إلا أنها قد تتكون من الحصى والجرول والحصباء والأصداف والطين أو خليط من كل هذه الأنواع.

• الحواجز البحرية Offshore (Barrier) Bars

تراكمات من الرمال طويلة وضيقة وموازية للشاطئ، لكن تفصلها عنه لاجونات lagoons ضحلة. ومن الأمثلة الواضحة، شاطئ شيسيل Chesil الذى يقع بالقرب من دورست Dorset ويمتد لمسافة ١٦ ميلا تقريبا من بردبورت Bridport إلى بورتلاند Portland بإنجلترا، ويتكون من الحصى الذى نشأ محليا من صخور المنطقة، كذلك من الصخور البعيدة عند ديفون Devon وكورنول Cornwall بإنجلترا.

• الألسنة البرية والمعقوفات Spits and Hooks

الألسنة البرية هى تراكمات من الرمال والحصى ضيقة وطويلة تمتد فى الماء، وتتصل بالبر من جانب واحد (شكل ٩٥)، وعندما يتقوس جانب اللسان فى اتجاه الشاطئ يسمى معقوفا hooked وهناك أمثلة من الألسنة البرية والمعقوفات فى منطقة سولنت Solent بإنجلترا.

• التومبولات Tombolos

التومبولو tombolo هو حاجز من الرمال والجرول يربط بين جزيرة وأخرى، أو يربط بين جزيرة والبر. وتسمى الجزر التى تتصل بالبر بواسطة التومبولات باسم «الجزر المربوطة tied islands »وتعد جزيرة بورتلاند بإنجلترا من الجزر المربوطة، إذ يربطها تومبولو بالبر الرئيسى عند وايموث Weymouth، وجبل طارق Gibraltar أيضا يعد من الجزر المربوطة. وفى عام ٣٣٠ قبل الميلاد، بنى الإسكندر الأكبر التومبولو الصناعى بطول ٦٥٠ ياردة من أنقاض مدينة قديمة محطمة ليصل به

جزيرة تاير Tyre القديمة بالبر، لكن هذا التومبولو طمره الطمى منذ زمن بعيد. وبعض الجيولوجيين يرى أن التومبولو يتكون من الجزيرة والحاجز الذى يصلها بالبر، وليس من الحاجز فقط كما ورد فى التفسير الذى ذكرناه سابقا.

• الشرفات المبنية بالموج Wave - Built Terraces

تسمى الرسوبيات التى تتراكم فى المياه العميقة، خلف الشرفات المقطوعة بالأمواج باسم الشرفات المبنية بالأمواج. ومثال هذه الشرفات تلك الموجودة فى جنوب غرب أيرلندا من كورك Cork حتى كيرّى Kerry.

وهناك أمثلة أخرى مثل سواحل ريا Ria فى شمال غرب أسبانيا، وسواحل الفيوردات fiords فى النرويج ونيوزيلندا. وقيام مثل هذه السواحل يعد نتيجة مباشرة للتغيرات التى حدثت فى فترة ما بعد الجليد post-glacial period.

١٠- تطور خط الشاطئ Shoreline Development

يتطور خط الشاطئ على مدى فترات طويلة من الزمن، نتيجة لتغييرات فى منسوب سطح البحر، يدعمها التحات بالأمواج والتيارات ٠ وقد اقترحت تصنيفات عديدة للشواطئ، لكن لم يستقروا بعد على التصنيف الذى يجب أن يتبع ويؤخذ به.

وفيما يلى ملخص لاثنين من أكثر التصنيفات شيوعا وهما:

أ- تقسيم جونسون Johnson's Classification

وضع الأستاذ د.و. جونسون الأستاذ بجامعة كولومبيا أُسُس هذا التصنيف واقترحه لأول مرة عام ١٩١٩ م. ويقوم على فكرة تحركات الأرض بالنسبة لمنسوب البحر، أو بمعنى آخر، على أساس ارتفاع أو هبوط الساحل. ويضم هذا التصنيف أربعة أنماط من خطوط السواحل هى:

• خطوط سواحل الغمر Shorelines of Submergence

تنشأ هذه الخطوط الساحلية نتيجة لهبوط كتلة برية أو لارتفاع منسوب البحر، ويكون هذا النوع من السواحل عميقا وغير منتظم الشكل عادة، ويتميز بوجود كثير من الرؤوس والخلجان والوديان الغارقة drowned valleys التى

أصبحت خلجانا صغيرة، أو مصبات أنهار، أو جزرا، أو جروفا بحرية أو ألسنة أو حواجز أو تومبولات على طول خط الساحل.

• خطوط السواحل البارزة Shorelines of Emergence

تُظْهِر خطوط السواحل التى برزت حديثا حدودا منتظمة وحواجز بحرية ولاجونات، أما خلجانها فقليلة نسبيا. وهى تتميز كذلك بالسهول الساحلية المنبسطة، التى تمثل جزءا قد ارتفع من أرضية البحر القديم. ومثل هذا النوع من السواحل ليس شائع الانتشار، إذ إن عملية الرفع uplift لا بد أن تقاوم تأثير الغمر submergence، وعلى ذلك فإن أكثر أنواع خطوط السواحل البارزة شيوعا هى الخطوط الساحلية المركبة compound، والتى سيأتى شرحها فيما بعد، وعلى سبيل المثال فإن خط الشاطئ فى فنلندا أوشك أن يصبح من الشواطئ البارزة emergent، لكن عملية إعادة الضبط الايزوستاتيكى isostatic readjustment لم تستكمل بعد. ومن الأمثلة الممتازة على ذلك النوع من الشواطئ ما يوجد على طول ساحل تكساس فى خليج المكسيك.

• خطوط السواحل المتعادلة Neutral Shorelines

خطوط السواحل المتعادلة هى تلك التى لا تكون مغمورة أو بارزة، وتتكون نتيجة لبناء الدلتات عند مصبات الأنهار، أو نتيجة لسهول الكسح out wash التى توجد فى مناطق المثالج، كذلك قد تنشأ هذه السواحل عن اللابة المتدفقة فى المناطق البركانية، وقد تتكون بفعل الشعاب المرجانية.

• خطوط السواحل المركبة Compound Shorelines

هذا نوع من خطوط السواحل يتميز بالسمات التى تميز سواحل الغمر وسواحل البروز معا. وعادة ما يكون وراء تكوين هذا النوع من الخطوط الساحلية المركبة تاريخ چيولوچى معقد، تكون فيه المنطقة قد تعرضت لعمليات غمر ورفع. وكثير من سواحل المحيط الأطلنطى للولايات المتحدة الأمريكية من فيرجينيا وحتى فلوريدا من هذا النوع المركب.

ب- تصنيف شبرد Shepard's Classificatian

فى عام ١٩٣٧ اقترح الأستاذ شبرد بمعهد سكربس Scripps لعلوم البحار بالولايات المتحدة الأمريكية، تصنيفا عالج فيه بعض المشاكل التى وردت فى تصنيف جونسون . ويعد هذا التصنيف شاملا إلى حد ما، وقد نال تأييد وموافقة كثير من علماء البحار والچيولوچيين، بالرغم من صعوبة تطبيقه على بعض أنواع السواحل.

وفيما يلى توضيح لتقسيم شبرد:

أولا: خطوط ساحلية أولية أو شابة تكونت أساسا بعوامل ليست بحرية:

أ- سواحل تشكلت بعمليات نحات برية وغرقت بالهبوط إلى أسفل أو من أثر زوال المثالج:

١- سواحل ريا Ria (سواحل وديان نهرية غارقة).

٢- سواحل مثلجية غارقة.

ب- سواحل تشكلت بترسيب مواد برية:

١- سواحل مترسبة بالأنهار.

أ- سواحل الدلتا.

ب- سواحل السهول الطمية الغارقة.

٢- سواحل مترسبة بالمثالج:

أ- ركام جليدى مغمور جزئيا.

ب- تلال جليدية بيضية الشكل مغمورة جزئيا.

٣- سواحل مترسبة بالرياح.

٤- سواحل الامتداد النباتى vegetation extended

جـ- سواحل تشكلت بالنشاط البركانى:

١- ترسيب بركانى (سواحل انسياب لابى حديث)

٢- انفجار أو انهيار بركانى

د- سواحل تشكلت بالحركات الأرضية:

١- سواحل أحدور الصدع.

٢- سواحل ناتجة عن الطى.

ثانيا: خطوط ساحلية ثانوية أو ناضجة تشكلت أصلا بعوامل بحرية:

أ- سواحل تشكلت بنحات بحرى:

١- جروف بحرية استقامت بالنحات البحرى.

٢- جروف بحرية جعلها النحات البحرى غير منتظمة.

ب- سواحل تشكلت بالترسيب البحرى:

١- سواحل امتدت واستقامت بترسيب الحواجز والألسنة.

٢- سواحل امتدت (البناء فى اتجاه الخارج) بالترسيب البحرى.

٣- سواحل ذات حواجز بحرية وألسنة شاطئية طويلة.

٤- سواحل الشعاب المرجانية.

ولقد صمم التصنيف السابق ليطبق على التقسيمات الصغيرة لخطوط الشواطئ فى المحيطات. وقد وضع العالم شبرد الأقسام الصغيرة subdivisions الآتية لتشمل بشكل أوسع تصنيف المناطق الساحلية الأكبر فى العالم:

* سواحل لها شواطئ شابة (جبال تكونت خلال الحقب الثالث Tertiary أو الحقب الرابع Quaternary (انظر الفصل الثامن عشر).

** سواحل ذات جبال قديمة (جبال تكونت قبل الحقب الثالث Tertiary).

*** جبال ذات سهول ساحلية متسعة.

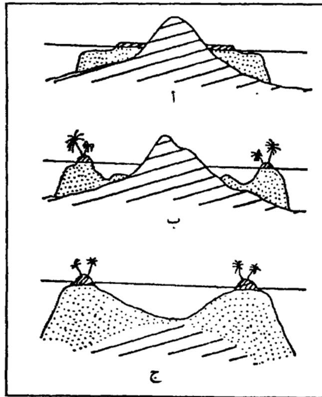
ومثل أية ظواهـر طبيعـية، فإن خطـوط الشواطئ تتنوع وتوجـد منها أنواع مركـبة، حـتى أننا لا نستطـيع أن نجد تصنيـفا واحـدا كافيـا، إذ إن أنواع خطوط الشواطئ تتعقد كـثيرا بسبب كثرة التغيـرات التى تطرأ على ساحل ما خلال تاريخ تطوره الطويل.

١١-الشعاب المرجانية Coral Reefs

ذكرنا فـيما سبق أن الشـعاب المرجانية تعـد عاملا مهـما فى تكوين خطوط الشواطئ المتعادلة أو الناضـجة التى شُكِّلت بالترسيب البحرى. والشـعاب المرجانية حيود ridges من الصخور الجيرية توجد عنـد سطح البحر أو بالقرب منه. وتتكون جـزئيا من تراكـمات هائـلة من الهيـاكـل الجـيريـة للمـراجيـن البانيـة للشعـاب reef-building corals. هـذه الحيوانات الصغيرة (المراجين) توجد فى البحر فقط، وتعيش عادة فى مستعمرات colonies فـى مياه صافية دافئة (ليست أبرد من درجة حرارة ٦٨ْ فـهرنهـيت)، وعند أعمـاق أقل من ١٥٠ قدمـا. وتستخلـص المراجين كربونات الـكالسيوم الذائبـة فى ميـاه البحـر وتبنى به هياكلهـا، وهناك كثـير من النباتات والحيـوانات التى تفرز الكالسيوم وتعيش أيضا فى الشـعاب. وعندما تموت هذه الكائنات الحية، فـإن بقاياها تضـاف إلى الكتلة الجيرية وتنمو شـعاب جديـدة فوقها، وبذلـك تستمر الشعاب فى نموها لمدد طويلة من الزمن.

وأكبـر شعب مرجانـى معروف هو الحاجـز الشعابى الكبـير Great Barrier Reef على الساحل الشرقى لكوينزلاند Queensland فى أستراليا، ويمـتد لمسافة أطول من ١٢٠٠ ميل. ويختلف عرضه من عشرة أميال إلى ٩٠ ميلا. ويفصل هذا الشعب عن كتلة البر الرئيسية لاجون متسع يشكل المياه الداخليـة التـى تعد طريقا رئيسيـا للتجارة. والشعاب المرجانيـة الحفرية توجد فى أماكن كثـيرة من العالم فى صخور ذات أعـماق مختلفة؛ ففى بريطانـيا توجد حفريات الشعـاب المرجانية فى صخـور السيلورى بصـفة أساسـية وتمتـد إلى الكربونى والجوراسى، ويتـخذ هذا الانتشار دليلا على أن المناخ كان دافئا خلال تلك العصور فى هذه المناطق.

ولقد اهتم الجيولوجيون وعلماء المحيطات بالطرق التى تكونت بها الأنواع المختلفة للشعاب المرجانية وكذلك طرق تكوّن الجزر المرجانية. ومن أكثر النظريات التى وضعت فى هذا المجال ونالت القبول عند معظم الجيولوجيين، تلك التى وضعها تشارلز دارون عام ١٨٤٢ وأسماها نظرية الهبوط. وطبقا لفرضية الهبوط subsidence hypothesis ، فإن هناك ثلاث مراحل لتكوين الشعب المرجانى (انظر شكل ٩٧). فى البداية يتكون شعب حافى fringing reef عندما ينمو المرجان فى المياه الضحلة قرب شاطئ جزيرة. وبمرور الزمن تهبط الجزيرة تدريجيا، بينما يستمر المرجان فى نموه فوق قمة الشعب. ويكبر الشعب بالتدريج، ويفصله عن الجزيرة المنكمشة لاجون lagoon، وبذلك يتكون شعب حاجزى barrier reef. أما فى المرحلة الأخيرة، طبقا لفرضية دارون، فيتكون الأتول atoll، وهو ببساطة شعب دائرى (حلقى) يحيط بلاجون يغطى الجزيرة التى غمرت حديثا.



شكل (٩٧)

تتابع تكون الشعاب المرجانية طبقا لفرضية الهبوط لدارون

أ- (شعب هدبى). ب- (شعب حاجزى). ج- (أتول).

وهناك فرضية أخرى، هى فرضية التحكم الجليدى Glacial Control Hypothesis والتى افترضها دالى الأستاذ بجامعة هارفارد عام ١٩١٠ والتى يفترض فيها أن الشعاب الحاجزية والحلقية قد تكونت فوق الجزر البركانية المكشوطة truncated volcanic islands نتيجة للتغير فى مستوى سطح البحر خلال الفترات الجليدية. وللأسف فإن كلتا الفرضيتين لا تكفيان لتفسير كل البنيات الشعابية المرجانية الموجودة. وذلك فقد اقترح أن الشعاب المرجانية ربما تكون قد تكونت نتيجة لكل من فرضيتى الهبوط والتحكم الجليدى.

الفصل العاشر

البحيرات والمستنقعات

LAKES AND SWAMPS

يمكننا تعريف البحيرة بأنها كتلة من الماء الساكن تشغل منخفضا من الأرض. وتتباين البحيرات فى حجمها كثيرا، فتتردد مساحة البحيرة من فدان إلى آلاف الأميال المربعة. وتتباين أيضا فى العمق؛ فبعض البحيرات لا يزيد عمقها على بضعة أقدام، وقد تجف البحيرة فى فترات الجفاف؛ فى حين أن بعض البحيرات قد يصل عمقها إلى آلاف الأقدام. ويعد البحر الكاسبى Caspian أكبر بحيرة فى العالم، إذ تصل مساحته إلى ١٦٩ ألف ميل مربع (ولفظة بحر هنا، تسمية غير صحيحة، إذ إن أجساما مائية كالبحر الميت أو بحر الجليل Galilee، إن هى إلا بحيرات مالحة فى الواقع) . وأعمق البحيرات فى العالم كله، هى بحيرة باى كال Bay Kal فى شرق سيبيريا، حيث يبلغ عمقها أكثر من ٥٤٠٠ قدم.

وتوجد البحيرات عند كل الارتفاعات، فمثلا بحيرة تيتيكاكا Titicaca، التى تقع بين شيلى وبيرو فى أميركا الجنوبية، توجد على ارتفاع ١٢٥٠٠ قدم فوق مستوى سطح البحر، وعلى النقيض من ذلك فإن البحر الميت يقع عند منسوب ١٣٠٠ قدم تحت مستوى سطح البحر.

وبعض البحيرات وخاصة الكبيرة منها لها تأثيرات عظيمة على سكان المناطق المحيطة بها، فهى تمدهم بمصدر مهم للماء سواء للشرب أو للأغراض الصناعية. وكذلك فللبحيرات تأثير على تلطيف درجة الحرارة فى المناطق المحيطة بها، كما أنها توفر مساحات تستخدم كأماكن للترفيه والنزهة تجذب عددا كبيرا من السواح، وخاصة إذا كانت هذه البحيرات موجودة فى مناطق جبلية بها مناطق خلابة، كما هو الحال فى منطقة البحيرات فى إنجلترا Lake District.

كذلك تستخدم البحيرات طرقا للمواصلات، ولذلك فإنه من المعتاد جدا أن تنشأ مدن كبيرة ومناطق صناعية حول البحيرات الكبيرة فى العالم.

١- أصل أحواض البحيرات Origin of Lake Basins

قد تتكون أحواض البحيرات بطرق شتى، ومن خلال عدد من العمليات الجيولوجية المختلفة؛ وسوف نتناول أهمها بالدراسة فيما يلى:

• حركات القشرة الأرضية Crustal Movements

تنشأ بعض أحواض البحيرات نتيجة لعمليات الاعوجاج warping والطى والتصدع التى تتعرض لها الطبقات، فمثلا بحيرة سوبريور Superior بأميركا الشمالية تشغل حوضا تكون نتيجة لتحرفات بنائية ثم توسعت بعد ذلك بفعل العوامل الجليدية. وتتكون بحيرات الوديان الخسفية حينما تهبط كتل صدوع ضخمة بين حوائط عالية منحدرة (انظر الفصل الخامس). والبحيرات التى تتكون بهذه الطريقة، تكون شديدة العمق عادة وتشكل سلسلة على امتداد أرضية الوادى؛ وتوجد مثل هذه السلاسل فى الوادى الخسفى العظيم Great Rift Valley الذى يمتد من البحر الميت حتى بحيرة نياسا وتنجانيقا فى شرق أفريقيا.

وقد تتكون البحيرات نتيجة لإزاحة الصخور التى تصاحب الزلازل، وقد يحدث هبوط للأرض يؤدى إلى تكوين منخفضات مناسبة لتكوين البحيرة. ولقد تكونت بحيرة ريل فوت Reelfoot فى الشمال الغربى لتينيسى بأميركا بنفس الطريقة بعد حدوث زلزال نيومدريد عام ١٨١١.

• النشاط البركانى Volcanic Activity

قد تؤثر البراكين فى تكوين البحيرات وينتج عن ذلك نوعان من البحيرات، فانسيابات اللابة lava (اللافا) التى تتدفق من البركان، قد تكون سدا يعترض مجرى نهر صغير، فتحجز المياه خلفه وتتكون بحيرة؛ وعلى سبيل المثال فقد تكوّن بحر الجليل بهذه الطريقة. أما النوع الثانى من البحيرات فهو الذى يتكون داخل فوهات البراكين (الكالديرا) فى البراكين المنقرضة extinct volcanoes. ومن أحسن الأمثلة لهذا النوع بحيرة كريتر crater lake فى منطقة الشلالات فى جبال شمال غرب أوريجون بأميركا الشمالية. وهذه البحيرة تحتل كالديرا يصل عرضها

إلى ستة أميال وعمقها إلى ٢٠٠٠ قدم وتحاط بجروف يتردد ارتفاعها بين ٥٠٠ و ٢٠٠٠ قدم.

• التثلج Glaciation

تكوّن عدد كبير من البحيرات نتيجة لعمليات التثلج، وتشغل هذه البحيرات منخفضات فى سطح الأرض تكونت نتيجة لعمليات التحات المثلجى glacial erosion، أو أحواضا تكونت خلف سدود طبيعية من المواد التى رسبها الجليد. وتسمى البحيرات التى تتكون عند رؤوس الوديان الثلجية باسم بحيرات جبلية صغيرة tarns (انظر الفصل الثامن). وتنتشر هذه البحيرات فى شمال ويلز Wales بإنجلترا وفى مناطق جبلية أخرى. وتوجد البحيرات التى تنتج عن عمليات التثلج فى أماكن كثيرة، وكثير من البحيرات المستطيلة فى شمال ويلز ومنطقة البحيرات فى إنجلترا وكذلك كورى لوكس فى اسكتلندا Corrie -Lochs، يعزى سبب تكوينها إلى العمليات الثلجية.

وهناك بحيرات أخرى صغيرة تكونت فى حزام كتل الصدوع فى الجرامبيانز Grampians. وتوجد البحيرات الثلجية فى أماكن أخرى كثيرة من العالم، مثل بحيرة دوفDove فى تسمانيا Tasmania، وكذلك البحيرات الموجودة فى المناطق المرتفعة فى الجبال الجليدية فى أستراليا. والبحيرة التى تسمى فال يورك Vale of York كانت فى وقت ما بحيرة مثلجية كبيرة، والآن كل ما تبقى من بحيرة هامبر Humber عبارة عن مستنقعات توجد على حافاتها. كذلك فإن بحيرة بيكرنج Pickering تكونت نتيجة لعملية الاستنقاع ponding خلال العصر الجليدى، ثم فاضت وكونت خانقا gorge ما زالت تتدفق فيه المياه، ومن العجيب، فإنه قد غير اتجاهه نحو البر بدلا من أن يصب فى بحر الشمال وما زالت بقاياه قائمة على هيئة مستنقعات وبرك للخث peat bogs.

• تحركات الكتل أو الجاذبية Mass Movements or Gravity

تنشأ البحيرات أحيانا عندما يغطس ركام أرضى ناتج عن انزلاق أرضى فى وادى نهر ما، فيسد مجرى النهر. وقد يتسبب هذا السد الطبيعى فى تجمع المياه لتشكل بحيرة طبيعية. ويذكر أن بحيرة كبيرة كانت قد تكونت فى الماضى فى أعلى

نهر الراين Rhine بالقرب من فلمز Flims ونشأت بفعل الانزلاق الأرضى land-slide ولكنها اختفت الآن. ويوجد مثال حى نشاهده اليوم وهو بحيرة سان كرستوبال San Cristobal فى كلورادو التى تكونت خلف انسياب طينى ضخم.

• الأنهار Rivers

تنشأ أحواض البحيرات أحيانا نتيجة لعمليات التحات والترسيب بفعل الأنهار. ويحدث ذلك عندما تتحول المنعطفات النهرية المقطوعة إلى بحيرات هلالية ox - bow lakes وتوجد مثل هذه البحيرات فى سهول الفيضان لنهر الميسيسبى. وقد تتكون أيضا فى الدلتات، وتعد بحيرة بونتكارتريان Pontchartrian فى دلتا نهر الميسيسبى مثالا طيبا على ذلك (انظر الفصل السابع).

• المياه الأرضية Ground Water

قد تكوِّن المياه الأرضية ثقوبا حوضية وكهوفا فى مناطق صخرية يوجد تحتها صخور قابلة للذوبان مثل الحجر الجيرى والدولوميت . وإذا سُدّت هذه الثقوب الحوضية والكهوف بالحطام الصخرى، فقد تمتلئ بالماء، وبالتالى تتكون بحيرة. وتوجد بحيرات عديدة من هذا النوع فى ولاية كنتاكى بأمريكا الشمالية وكذلك فى أماكن أخرى. وهناك بحيرات صغيرة توجد فى شيشاير Cheshire بإنجلترا حيث هبطت الأرض نتيجة لذوبان الملح الصخرى.

• الأمواج والتيارات Waves and Currents

تنتشر البحيرات على طول السهول الساحلية أو بالقرب من خطوط شواطئ بعض البحيرات والمحيطات. وتتكون هذه البحيرات عندما ترسب الأمواج والتيارات حمولتها عند مداخل الخلجان والبحيرات. ومياه البحيرات التى تنشأ بالقرب من الشواطئ تكون مياهها مِلْحة فى العادة، لكنها قد تتحول إلى مياه عذبة بمرور الزمن.

• أسباب أخرى Other Causes

قام الإنسان بإنشاء عدد من البحيرات الاصطناعية وكذلك قام بزيادة مساحات وحجوم البحيرات الطبيعية بطرق كثيرة، منها إقامة السدود عبر مسارات

الأنهار. والماء الموجود فى منطقة ديرونت Derwent فى كمبرلاند Cumberland، وكذلك مستودعات المياه فى منطقة بيك Peak فى دربى شاير Derbyshire بإنجلترا تعد أمثلة جميلة لهذا النوع من البحيرات. وكذلك سدود القنادس Beavers Dam عبر الجداول ونباتات المستنقعات تؤدى إلى تكوين البحيرات. وهناك بحيرات قليلة تكونت فى فوهات البراكين التى تحدثها النيازك، والفوهات البركانية المملوءة بالمياه معروفة فى شمال كويبك Quebec وشمال سيبيريا. وقد تتكون البحيرات أيضا فى المحاجر المهجورة وكذلك خلف الجدد القاطعة الشديدة المقاومة وتتكون أيضا بفعل الرياح (كما فى منطقة لاندز بفرنسا).

٢- أنماط البحيرات Types of Lakes

تصنف البحيرات عامة إلى نوعين، إما بحيرات مياهها عذبة أو بحيرات ملحة:

• بحيرات الماء العذب Fresh-Water Lakes

البحيرات العذبة هى البحيرات التى تكون لها منافذ (مخارج) outlets، وتكون هذه المخارج عادة على شكل مجار سطحية للمياه، لكن قد تتسرب منها بعض مياهها. وتستمد البحيرة مياهها العذبة من مياه الأمطار أو من الثلوج الذائبة أو من المياه الأرضية أو من مياه الأنهار. ويعتمد تركيب الماء فى البحيرة إلى حد كبير على تركيب الصخور التى تمر فيها المياه.

وبالرغم من أن بعض المواد المذابة التى تأتى بها مجارى المياه إلى البحيرة قد تترسب فيها، إلا أنها قد تخرج من البحيرة مرة أخرى خلال منفذ البحيرة. هذا بالإضافة إلى أن ماء المطر والثلج يجعلان مياه هذا النوع من البحيرات عذبا، ومعظم بحيرات العالم من النوع العذب، وأكبرها بحيرة سوبريور Superior التى تبلغ مساحتها ٣١٨٢٠ ميلا مربعا.

• البحيرات الملحة Saline or Salt Lakes

البحيرات الملحة هى تلك التى ليست لها مخارج (منافذ) وتوجد عادة فى المناخ الجاف، حيث تفقد البحيرات ماءها بفعل عمليات البخر، فعندما تتبخر المياه

يزداد تركيز الأملاح التى تترسب عند قاع البحيرة. وحيث إن طبيعة صخور البحيرة هى التى تحدد تركيب المياه، فهذا يؤدى إلى اختلاف نوعية الأملاح حسب نوعية الصخور التى تقع فى حوض البحيرة وحولها. وهناك بعض البحيرات الملحة مثل البحر الكاسبيى Caspian See، الذى تكون نتيجة عزل وسد جزء من البحر الرئيسى، وفى هذه الحالة تكون المياه ملحة أصلا. وهناك بحيرات مثل البحيرة العظمى المِلْحة Great Salt Lake بولاية يوتا بأميركا، نشأت كبحيرة عذبة مثلما نشأ البحر الميت. وفى مثل هذه البحيرات قد يبلغ تركيز الملح سبع مرات أو أكثر مثل تركيز الملح فى المحيطات الموجودة فى العالم.

وتسمى البحيرات المِلْحة المحتوية على كميات كبيرة من كربونات الصوديوم أو البوتاسيوم باسم البحيرات القلوية. وتستمد المواد القلوية من الصخور النارية التى تحتوى على نسبة عالية من الصوديوم مثل صخر الجرانيت. ومن نماذج البحيرات القلوية بحيرة مونو Mono فى كاليفورنيا.

• بحيرات البلايا Playa Lakes

تتكون بحيرات البلايا فى الأماكن الأكثر انخفاضا فى أحواض الصحراء، وبحيرات البلايا هى بحيرات ضحلة مؤقتة تتكون بعد فترات المطر الغزير، وتختفى أثناء فترات الجفاف تاركة الغرين والصلصال الذى قد يغطى بالملح ٠ وتسمى البحيرات الجافة المغطاة بطبقة من الملح باسم المسطحات القلوية أو الملاحات salinas.

وهناك أمثلة واضحة لبحيرات البلايا توجد فى كثير من المناطق القاحلة وشبه القاحلة فى كثير من بقاع العالم، وبخاصة فى أستراليا.

٣- تدمير البحيرات Destruction of Lakes

تعد البحيرات من المعالم الجغرافية المؤقتة، والعمليات الجيولوجية التى تسبب تكوين البحيرات هى نفسها التى تؤدى إلى خرابها وتدميرها. فبعض البحيرات قد تختفى إذا امتلأ حوض البحيرة بالرواسب أو بسبب إزالة الأراضى العالية المحيطة بالبحيرة نتيجة لعمليات التحات. ويمكن مشاهدة ذلك عند رأس

كرموك Crummock فى منطقة البحيرات Lake District بإنجلترا. وقد تختفى البحيرات إذا فقدت مياهها نتيجة للتبخير الشديد أو تسرب المياه إلى أسفل أو عندما تتحول الروافد الصغيرة التى تنساب فيها إلى اتجاه مغاير. وقد تمتلئ بعض البحيرات بالمواد العضوية والنباتات، فعندما توجد الأعشاب والطحالب على حافة البحيرة، فإنها تنمو وتتكاثر وتمتد إلى وسط البحيرة، وقد تختلط بقايا الحيوانات بهذه الأعشاب لتحول البحيرة إلى مستنقع. وقد تؤدى عمليات الانهيارات الأرضية، وتراكم الطمى المترسب نتيجة لانصهار الجليد، والرمال التى تسوقها الرياح، والرماد البركانى إلى خراب البحيرات وتدميرها. ومن البحيرات التى تدمرت وانقرضت، بحيرة همبر Humber وبحيرة بكرنج Pick-ering بإنجلترا.

٤-المستنقعات Swamps

المستنقعات هى المنخفضات التى امتلأت كليا أو جزئيا بمواد نباتية متحللة أو برسوبيات وماء. وهناك مستنقعات كثيرة قد تكونت من امتلاء البحيرات بالمواد التى سبق ذكرها. وتوجد مستنقعات أخرى هى أراضٍ منخفضة رخوة بها مواد طينية وليس لها نظام صرف سطحى جيد.

وتوجد مستنقعات صغيرة أو برك bogs على السهول الفيضانية للأنهار القديمة مثل نهر المسيسيبى. ومستنقع رومنى Romney هو مصب نهرى مستنقعى قد تكوّن بترسيب كميات كبيرة من الغرين فى مساحة كبيرة شمال شرق كنت Kent بإنجلترا، وتوجد المستنقعات أيضا على السهول الساحلية وتعرف باسم مستنقعات المد والجزر، ويوجد الكثير منها على السواحل الأطلنطية والخليجية للولايات المتحدة الأميركية.

وهناك أنواع معينة من المستنقعات تتميز بوجود كثافة شديدة من النباتات المتفحمة جزئيا والتى تعرف باسم الخث peat، وهى منتشرة بكثرة فى أيرلندا. والمواد المستخرجة من هذا النوع لها محتوى كربونى مرتفع، وتستخدم وقودا عندما تجف. وتسمى العملية التى تتحول فيها نباتات المستنقع إلى خث peat

باسم التفحم carbonization (انظر الفصل الخامس عشر) وعملية تكوّن الخث هى أولى مراحل تكوّن الفحم.

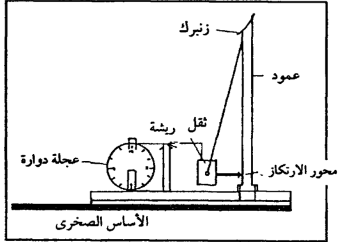
كذلك توجد المستنقعات فى المناطق المثلجة، حيث تسد الرواسب الثلجية مجارى الأنهار مما يؤدى إلى تكوين البحيرات والمستنقعات (كما هو الحال فى فال يورك Vale of York.

أما فى المناطق التى تتجمد فيها الأرض بصفة مستمرة عند أعماق ضحلة، فقد تتكون المستنقعات على الأسطح العلوية خلال فترات ذوبان الجليد. وهذه الطبقة الإسفنجية المشبعة بالماء تعرف باسم التندرا Tundra ، وهى شائعة فى مناطق المحيط المتجمد الشمالى فى أميركا الشمالية وفى أوربا وآسيا.

الفصل الحادى عشر

الزلازل وباطن الأرض

EARTHQUAKES AND THE INTERIOR OF THE EARTH



شكل (٩٨)

سيزموجراف، جهاز لتسجيل الهزات الأرضية

الزلازل ذبذبات طبيعية تحدث فى القشرة الأرضية وتعد دليلا مؤكدا على أن الحركة القشرية لا تزال تعمل حتى اليوم. وقد تكون بعض الهزات الأرضية عنيفة للغاية، وتكون مسئولة عن الكثير من الكوارث والوفيات. وعلى أى حال فإن معظم الهزات الأرضية التى تحدث تكون ضئيلة جدا بحيث لا يشعر بها الإنسان، لكنها تسجّل بأجهزة حساسة تسمى السيزموجراف (انظر شكل ٩٨).

١- أسباب الزلازل Causes of Earthquakes

تأمل الإنسان كثيرا فى أسباب حدوث الزلازل منذ قرون ولقد فسر الأقدمون حدوث الزلازل بأنه دليل على غضب الآلهة على العالم، أو أنها تحدث بسبب تململ حيوان كانوا يتوهمون أنه يحمل الأرض فوق كاهله.

وبالرغم من أن علم الزلازل (السيزمولوچيا) قد أمدنا بكثير من المعلومات عن الزلازل، إلا أن السبب النهائى ليس معروفا بالتأكيد. ونحن نعلم أن الهزات الأرضية تبدأ برجفة مفاجئة أو بصدمة، ونعلم أيضا أن معظم هذه الصدمات ترتبط بعملية التصدع faulting. وتتسبب الكسور وإزاحة الصخور على طول مستوى الصدع فى حدوث حركة موجية فى الصخور. ويمكن تفسير الطريقة التى تحدث بها عملية تكسير الصخور على أساس نظرية الارتداد المرن elastic rebound theory، وطبقا لهذه النظرية، فإن الكتل الصخرية فيما تحت سطح الأرض تتعرض لضغوط مستمرة من اتجاهات مختلفة تؤدى إلى انثنائها وتغير شكلها ببطء. ونتيجة للضغوط المستمرة ينشأ إجهاد هائل strain يؤدى إلى حدوث كسر فى الصخور التى سرعان ما تعود بعد ذلك إلى وضعها الأصلى قبل تعرضها للإجهاد. وهذا ما يسمى بالارتداد المرن للصخور، وهو الذى يتسبب فى حدوث الموجات السيزمية (الزلزالية).

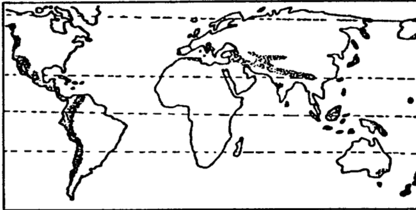
وتسمى الزلازل التى تحدث بهذه الطريقة الزلازل التكتونية tectonic earthquakes، وهى أكبر الزلازل وأشدها تدميرا. وقد يتسبب النشاط البركانى فى حدوث الموجات السيزمية أيضا، وقد يحدث هذا نتيجة للانفجارات البركانية العنيفة (انظر الفصل الثالث)، أو من الحركة المفاجئة للصخور المنصهرة (الصهارة) تحت سطح الأرض. وهناك أسباب ثانوية للاهتزازات الأرضية تنشأ عن الانهيارات الجبلية أو الانهيار الثلجى أو الانهيار المفاجئ للكهوف.

٢- توزيع الزلازل Distribution of Earthquakes

بالرغم من إمكانية حدوث الزلازل فى أى مكان من الأرض، إلا أن معظمها يحدث فى مناطق عدم استقرار القشرة الأرضية، ويرتبط ذلك بالحركات البانية للجبال.

والزلازل، مثل البراكين، تحدث فى أحزمة سيزمية معلومة ومحددة جيدا (شكل ٩٩) ويقع ٨٠ ٪ من إجمالى الزلازل التى تحدث فى العالم فيما يسمى بالحزام الحول باسيفيكى Circum - Pacific المتكون من سلاسل الجبال الحديثة والسلاسل الجبلية البركانية. ويمتد هذا الحزام من شيلى على طول الحدود الغربية

لأميركا الجنوبية وأميركا الشمالية، ويمتد شمالا ليشمل ألاسكا ثم يمتد إلى اليابان والفلبين وإندونسيا ونيوزيلندا وجزر أخرى فى المحيط الهادى. والحزام السيزمى الكبير الثانى هو حزام البحر المتوسط والعبرآسيوى Mediterranean and Trans Asiatic Belt، ويمتد من البحر الكاريبى عبر جبال الهيمالايا والألب، ويشمل أسبانيا وإيطاليا واليونان وشمال الهند.



شكل (٩٩)
المناطق المظللة توضح الأحزمة السيزمية الكبرى فى العالم

وتنطلق ١٥ ٪ من الطاقة السيزمية للأرض من حزام البحر المتوسط والعبر آسيوى، أما النسبة الباقية فتنطلق من أماكن العالم الأخرى.

ونادرا ما تتعرض بريطانيا إلى الزلازل، ذلك لأنها لا تقع فى أى من حزامى الزلازل المذكورين آنفا. وأحيانا تتعرض اسكتلندا لزلازل ضعيفة، نتيجة لحدوث حركات بسيطة على طول خطوط الصدوع القديمة كتلك التى تفصل الأراضى العالية Highlands عن الوادى الأوسط Midland Valley. وقد حدث زلزال ضعيف فى شمال إنجلترا فى أوائل عام ١٩٦٠. أدى إلى إيقاظ الناس من نومهم فى هامبشير Hampshire.

وفى بعض الأحيان تحدث زلازل فى أماكن أخرى من العالم تحدث أثرا يشعر به الناس فى بريطانيا ولقد تسبب الزلزال الذى حدث فى لشبونة Lisbon عام ١٧٥٥ م إلى حدوث مدّ غير عادى، أدى إلى ارتفاع سريع قُدِّر بأكثر من قدمين فى بعض بحيرات اسكتلندا.

وكما سوف نرى، فإن بريطانيا سعيدة الحظ تماما لعدم وقوعها فى منطقة زلزالية، لكن ذلك لم يكن هكذا دائما، فلا بد أن تكون الجزر البريطانية قد تعرضت فى الماضى الجيولوجى إلى الزلازل، مثل ما تتعرض له اليوم أماكن أخرى من العالم. وربما تكون الحركات الأرضية الضعيفة فى اسكتلندا هى نهاية الذيل من سلاسل سيزمية هزت المنطقة فى الأزمنة الماضية.

٣-آثار الزلازل Effects of Earthquakes

تعد الآثار المدمرة للزلازل من الأشياء المألوفة لمعظم الناس، ومنها المبانى المنهارة، وخطوط السكك الحديدية والطرق التى تنجرف مساراتها، وانهيار الجسور، والشقوق الهائلة فى الأرض، وكذلك تغير مستوى سطح البحر. وهذا قليل من كثير من التغيرات الفيزيقية التى تسببها الزلازل. وفى بعض الزلازل التى تضرب المدن تكون الآثار التدميرية للحرائق التى تشب أكثر بكثير من أثر الموجات السيزمية. فقد تبدأ الحرائق نتيجة لكسر الخط الرئيسى للغاز أو الكبل الكهربائى، أو من المواقد التى تنقلب بفعل الموجات السيزمية التى تهز المكان. وتكون محاولة إخماد النيران فى مثل هذه الحالات قاصرة بسبب فقدان أجهزة إطفاء الحرائق أو كسر خطوط المياه الرئيسية ووصلاتها المتفرعة منها.

أما الخسائر فى الأرواح التى تنتج عن زلزال كبير، فقد تكون مروعة، كتلك التى نجمت عن الزلزال الذى ضرب شمال الجزء الأوسط من الصين عام ١٥٥٦ م وقيل إنه تسبب فى وفاة ٨٣٠ ألف نسمة. وحيث إن الزلازل تحدث دائما بسرعة وبصورة غير متوقعة، فلن يكون هناك وقت كاف لاتخاذ الإجراءات التحذيرية. كذلك قد يرتفع عدد الوفيات بسبب عوامل معقدة، مثل انتشار الأمراض والفيضانات والحرائق والمجاعة .

وبالإضافة إلى الخسائر التى تسببها الزلازل فى فقد الحياة والممتلكات، فإن الزلازل تتسبب أيضا فى إحداث تغيرات جيولوجية عديدة فى المنطقة المنكوبة، مثل حدوث الانزلاقات الأرضية والانهيارات الجبلية وانسياب الطمى وانقطاع دورة المياه الأرضية واضطرابها، وكذلك هبوط الأرض وتشققها.

ويتولد عن الزلازل التى تحدث تحت المياه فى المحيط موجات هائلة من المياه تسمى تسونامى Tsunami أو موجات البحر السيزمية seismic sea waves. هذه الموجات التى قد يصل ارتفاع الواحدة منها إلى أكثر من ٢٠٠ قدم وتصل سرعتها إلى أكثر من ٥٠٠ ميل فى الساعة تكون لها قدرة تدميرية رهيبة للغاية. وقد زامنت موجة من هذا النوع زلزال لشبونة عام ١٧٥٥ م وبلغ ارتفاعها خمسين قدما واكتسحت الأرض التى أثرت فيها لمسافة تزيد على نصف الميل. وحدثت واحدة أخرى شمال طوكيو على طول الساحل الباسيفيكى لليابان عام ١٨٩٦، وبلغ ارتفاع الموجة مئة قدم، وأدت إلى موت أكثر من ٢٧ ألف شخص.

٤- زلازل تاريخية Historic Earhquakes

يسجل التاريخ حدوث زلازل كثيرة، بعض منها يرجع تاريخه إلى ما قبل الميلاد. وفيما يلى وصف مختصر لعدد قليل من أخطر الزلازل التى حدثت:

• لشبونة Lisbom (البرتغال) عام ١٧٥٥

ربما يكون هذا الزلزال هو أقوى زلزال سجله التاريخ، وبالرغم من أن الصدمة الزلزالية الابتدائية استمرت لست أو سبع دقائق فقط، إلا أنها تسببت فى تحطيم نصف المدينة، وشعر الناس بالزلزال فى مساحة ١٢٥٠٠٠٠ ميل مربع. وبعد حدوث الهزة الأولى، تبعتها هزتان شديدتان، حدثت الأولى بعد عشرين دقيقة، وحدثت الثانية بعد ذلك بحوالى ساعتين. وهاجمت الأمواج الزلزالية العاتية البر لمسافة نصف ميل، وحطمت كل شىء فى طريقها.

وأضافت الحرائق الكبيرة التى اشتعلت خسائر هائلة فى الممتلكات (بلغت قيمتها ملايين الجنيهات) وبلغ عدد الخسائر من المتوفين أكثر من ٦٠٠ ألف شخص.

• نيومدريد New Madrid، ميسورى Missouri عام ١٨١١ وعام ١٨١٢

فى هذا الزلزال خرجت سلسلة من الموجات السيزمية شعر بها الناس من الساحل الأطلنطى لأميركا إلى جبال روكى، وكذلك من كندا حتى خليج

المكسيك. حدثت الضربة الأولى عند الساعة الثانية صباحا فى السادس عشر من ديسمبر عام ١٨١١، تبعتها سلسلة من التوابع التى استمرت عدة أيام. وحدثت ضربة عنيفة أخرى فى نهاية شهر يناير ١٨١٢. وحدثت الضربة الثالثة والتى كانت أعنفها فى أوائل شهر فبراير عام ١٨١٢. وخلال فترة الثلاثة أشهر التى ساد فيها الاضطراب السيزمى، سُجِّلت أكثر من ١٨٧٤ هزة فى لوى فيل Louisville فى ولاية كنتاكى على بعد متى ميل. ولحسن الحظ فإن هذا الجزء من الولايات المتحدة لم يكن مأهولا بالسكان خلال البداية الأولى من القرن التاسع عشر، ولهذا كانت هناك خسائر محدودة وقليلة فى الأرواح والممتلكات. ومع ذلك فقد حدثت تغيرات چيولوچية ملحوظة فى المنطقة، فالانزلاقات الأرضية الشديدة أثرت فى طوبوغرافية المنطقة، حتى أنها غيرت حدود الأراضى. والمناطق التى كانت مستنقعات، ارتفعت وتصرَّف منها الماء، بينما هبطت أجزاء أخرى من الأرض لعمق عشرة أقدام وتحولت إلى مستنقعات وبحيرات جديدة. وتغير مسار مجرى الميسيسيبى، وتكونت بحيرة ريل فوت Reel Foot فى شمال غرب تينيسى، والتى تعد من أكبر البحيرات؛ إذ يبلغ طولها ١٨ ميلا ويصل عرضها إلى أميال عديدة.

• تشارلزتون Charleston (كارولينا الجنوبية)، عام ١٨٨٦

هذا الزلزال مثل زلزال نيومدريد الذى سبق وصفه. وقد حدث فى منطقة كان يعتقد أنها منطقة مستقرة. وخلال الزلزال تزايدت الموجات السيزمية فى شدتها لدرجة أن الأرض بدت وكأنها ترتفع وتهبط فى حركة موجية مرئية. وتسبب هذا الزلزال فى خسائر، وأدى إلى مقتل ٢٧ فردا، وشعر به سكان معظم الجانب الشرقى للولايات المتحدة.

• سان فرانسيسكو San Francisco كاليفورنيا عام ١٩٠٦

حدث هذا الزلزال الشديد والشهير فى الصباح المبكر فى الثامن عشر من شهر إبريل عام ١٩٠٦، واستمر الزلزال لفترة ٦٧ ثانية، وسببته حركة أرضية أفقية على طول صدع سان أندرياس San Andreas وخلال هذه الفترة الزمنية البسيطة، قتل ٧٠٠ شخص وانهارت مبان كثيرة، وتسببت الحرائق التى اشتعلت بعد ذلك

فى خسائر تقدر بملايين عديدة من الجنيهات، وتحطم جزء كبير من المدينة، وحدثت انزلاقات أرضية فى بعض المناطق الجبلية، كذلك فتحت شقوق كثيرة وكبيرة فى الأرض، وجرفت الأسوار وانجرفت خطوط السكك الحديدية عن مسارها الأصلى لمسافة ٢٠ قدما.

• كانسو Kansu، الصين، عام ١٩٢٠ و ١٩٢٧

فقد فى هذين الزلزالين أكثر من ٣٠٠ ألف شخص حياتهم. وتمثلت معظم الخسائر فى الانهيارات الأرضية. وفى ذلك الوقت كان الصينيون يعيشون فى الكهوف التى تهدمت هى والقرى والمدن كذلك أدى هذان الزلزالان إلى حدوث تغيرات چيولوچية وجغرافية فى المنطقة المنكوبة، حيث سُدّت الأنهار بالركام الصخرى المتوضع فيها.

• خليج ساجامى Sagami Bay، اليابان عام ١٩٢٣

تعد هذه الكارثة من أعظم ما حدث فى الأزمنة الحديثة وقد أدت إلى مقتل مئة ألف شخص، وإلى خسائر فى الممتلكات قدرت بملايين الجنيهات. وتأثرت مدينة طوكيو بشدة وهى تبعد سبعين ميلا عن خليج ساجامى. وكذلك تأثرت مدينة يوكوهاما على مسافة خمسين ميلا من ساجامى أيضا. وتسبب الزلزال الذى نشأ من تحت مياه البحر فى توليد موجات تسونامية عاتية، سببت دمارا هائلا على طول الساحل. وتسببت الحرائق فى خراب ٧٠ ٪ من طوكيو، بينما تحطمت تماما مدينة يوكوهاما.

• بحيرة هبجن Hebgen Lake مونتانا، عام ١٩٥٩

فى السابع عشر من شهر أغسطس عام ١٩٥٩، ضربت سلسلة من الهزات الأرضية المتنزه القومى فى يلوستون Yellowstone National Park بأميركا، على حدود مونتانا Montana - ويومنج Wyoming. وتركزت معظم الخسائر فى الانزلاقات الأرضية التى دفنت المخيِّمين campers فى أخدود نهر ماديسون. وأدى الانزلاق الأرضى لنهر ماديسون إلى انهيال ٤٠ مليونا من الياردات المكعبة من الصخور، كونت سدا طبيعيا وكونت بحيرة جديدة.

• شيلى Chile عام ١٩٦٠

تعد سلاسل الهزات الأرضية التى حدثت على طول الساحل فى شيلى بدءا من شهر مايو ١٩٦٠ من أكبر الكوارث التى وقعت فى هذا القرن. وكانت الهزات عنيفة لدرجة أن معظم منازل المنطقة المنكوبة قد دمرت بالكامل، واقتلعت الأشجار وأعمدة التليفون وأصبحت ملقاة مثل أعواد الثقاب، وتفلجت الأرض عن الشقوق، وانثالت التربة كما لو كانت مادة سائلة. وازدادت الخسائر مع ظهور الموجات البحرية السيزمية التى تردد ارتفاعها بين ١٢ و ٣٠ قدما. ونتجت عن هذه الموجات التسومانية كوارث عديدة فى القرى الشيلية وغرق مئات الأفراد. وعبرت الموجات السيزمية البحرية المحيط الهادى بسرعة بلغت ٤٥٠ ميلا فى الساعة، وحطمت قرى بأكملها فى هاواى واليابان. وخلف الزلزال الأصلى الذى حدث فى شهر مايو بالإضافة إلى التوابع التى تلته واستمرت شهورا عديدة خسائر فى الممتلكات قدرت بملايين الجنيهات وقتل أكثر من ٥٠٠٠ شخص.

• سكوبجى Skopje - يوغوسلافيا عام ١٩٦٣

أذاع التليفزيون نبأ هذه الكارثة من موقع الحدث، فقد احتلت أخبار المدينة الصغيرة العناوين الكبيرة للأنباء العالمية. وتدافع العمال بأدواتهم لمساعدة ١٢٠ألف نسمة ممن أصبحوا بلا مأوى، وكذلك لكى يحفروا قبورا لألف قتيل ماتوا إثر الزلزال. ودُمِّرت مصادر المياه مما أدى إلى ظهور الأمراض والأوبئة.

• ألاسكا Alaska عام ١٩٦٤

يعد هذا الزلزال من أعنف الزلازل التى أثرت فى أمريكا الشمالية على الإطلاق، وحدث بالقرب من أنكوراج Anchorage فى ألاسكا، بعد ظهر السابع والعشرين من شهر مارس عام ١٩٦٤. وسبب خسائر فى الممتلكات قدرت بملايين الجنيهات، وأزيحت الصخور إلى أعلى لمسافة أكثر من ٣٠ قدما. وبالإضافة إلى الخسائر التى سببتها الهزة الأرضية، فقد دمرت الموجات السيزمية البحرية كثيرا من البنيات التى أقامها الإنسان على طول الشاطئ فى المنطقة المنكوبة. ونظرا لأن المنطقة

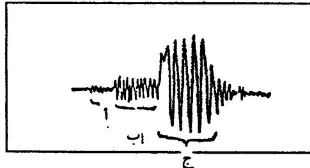
غير مأهولة بالسكان كثيرا، فقد اعتبر ١١٥ شخصا فى عداد المفقودين، وهذا عدد قليل جدا بالنسبة إلى كمية الطاقة السيزمية التى انطلقت من هذا الزلزال.

٥- كشف وتسجيل الزلازل Detecting and Recording Earthquakes

يكشف عن الزلازل ويتم تسجيلها بواسطة جهاز يسمى السيزموجراف seis-mograph (شكل ٩٨)٠ ويتكون السيزموجراف أساسا من زنبرك معلق به ثقل أو بندول pendulum حر الحركة ليتأرجح فى اتجاه الموجات التى يراد تسجيلها، ويوجد معه جهاز تسجيل يعمل من خلال ساعة تسجل وقت الحدث.

ويثبّت البندول بإطار يدخل فى طبقة الأساس الصخرى. ونظرا للقصور الذاتى inertia للبندول الذى يتأرجح بحرّية فهو لا يتأثر بأية ذبذبات فى طبقة الأساس الصخرى، لكن باقى الجهاز المثبت بشدة سوف يتحرك بهذه الذبذبات. وتوجد ريشة تتصل بالبندول لتسجيل الذبذبات على أسطوانة (طبلة) تحمل ورقة التسجيل (توجد أنواع من السيزموجراف تسجل على أوراق تسجيل فوتوغرافية تتعرض لنقطة ضوئية منعكسة من مرآة).

ويسمى السجل الناتج باسم السيزموجرام seismogram ويوضح المدة التى استغرقتها الهزة الأرضية وشدتها. وحينما تكون القشرة الأرضية فى حالة استقرار، فإن خط التسجيل يكون مستقيما، أما حين تنشط الموجات السيزمية، فإنها تحرك البندول، مما يجعل خط التسجيل متموجا (شكل ١٠٠).



شكل (١٠٠)

سيزموجرام: سجله السيزموجراف

أ- موجات أولية. ب- موجات ثانوية. جـ- موجات طويلة.

• تعيين موقع الزلزال Locating Earthquakes

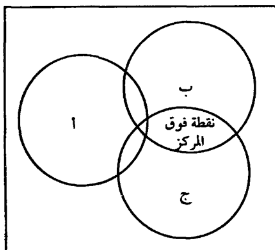
تستخدم البيانات الكافية التى يحصل عليها من السيزموجرام خلال حدوث الزلزال، لتحديد مكان حدوثه على سطح الأرض. ومن خلال هذه البيانات يحدد أخصائى الزلازل (السيزمولوجى) seismologist بؤرة الزلزال (نقطة داخل الأرض تبدأ منها الموجات السيزمية) وكذلك موقع «نقطة فوق المركز epicenter»؛ وهى نقطة على سطح الأرض تقع مباشرة أعلى البؤرة. ويعين السيزمولوجى ذلك بعمل دراسة مقارنة لسلوك الأنواع المختلفة للموجات الزلزالية، فحينما يحدث الزلزال، تنتشر الموجات السيزمية من بؤرة الزلزال فى كل الاتجاهات، وتقل شدتها ببعدها عن بؤرة الزلزال. وتختلف هذه الموجات كثيرا فى سعتها amplitude وسرعتها ve-locity. وهذه الموجات توجد منها ثلاثة أنواع: هى الموجات الأولية primary waves وتسمى أيضا باسم «الموجات P»، وهى موجات تضاغطية تنتقل خلال الأرض بسرعة تترد بين ٣,٤ ميلا إلى ٨,٦ ميلا فى الثانية الواحدة. وتتحرك الموجات الأولية بسرعة أكبر فى الأعماق وهى أول موجات تصل وتسجل على السيزموجراف. أما الموجات الثانوية secondary وتسمى «الموجات S» فتنتقل خلال باطن الأرض بسرعة تتردد بين ٢,٢ و٤,٥ ميلا فى الثانية الواحدة وهى المجموعة الثانية من الموجات التى تصل إلى محطة التسجيل السيزموجرافية، وهذه لا تمر خلال الغازات أو السوائل. وهناك الموجات الطويلة long أو «الموجات L»، وهى موجات معقدة ذات سعة كبيرة وتنتقل قرب سطح الأرض وتنشأ هذه الموجات عند نقطة فوق المركز وتتولد من الطاقة الناتجة عن الموجات الأولية والثانوية. والموجات "L" التى تنتقل ببطء نسبى (سرعتها ٢,٢ ميلا فى الثانية) هى آخر الموجات التى تسجل على الجهاز، وهى التى تتسبب فى معظم الخسائر الناتجة عن الزلزال.

يوضح (شكل ١٠١) مسار هذه الأنواع الثلاثة من الموجات الزلزالية.

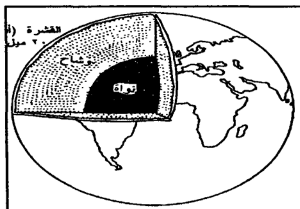
ولتعيين بعد نقطة فوق المركز، تستخدم دراسة لتحديد أزمنة الوصول النسبية relative arrival times لأنواع الموجات الثلاثة عند محطة واحدة. وإذا أمكن الحصول على تسجيلات من ثلاث محطات سيزمية متباعدة (على الأقل ٣



شكل (١٠١)
مسار الموجات التصادمية خلال الأرض



شكل (١٠٢)
تحديد موقع نقطة فوق المركز باستخدام سجلات
السيزموجراف من ثلاثة مواقع على الأقل



شكل (١٠٣)
رسم تخطيطى فى الأرض
يوضح نطاقاتها الأساسية الثلاثة

محطات)، فيصبح فى مقدور السيزمولوجى (خبير الزلازل) تعيين موقع نقطة فوق المركز. ولكى يتم ذلك، ترسم ثلاث دوائر على خريطة، على أن تكون كل محطة رصد من المحطات الثلاث هى مركز الدائرة، والنقطة التى تتقاطع عندها الدوائر الثلاث تكون هى نقطة فوق المركز (شكل ١٠٢).

٦- أحجام الزلازل Size of Earthquakes

يعبر عن حجم الزلزال عادة بقياس الشدة intensity وقياس المقدار magnitude:

• شدة الزلزال Intensity

تقيس شدة الزلزال كمية الخسائر الفيزيقية أو التغيرات الجيولوچية التى سببها الزلزال. وتكون الصدمة الزلزالية أشد ما تكون عند نقطة فوق المركز، والتى تقع على سطح الأرض فوق بؤرة الزلزال مباشرة، كما أشرنا من قبل. وتقل الخسائر كلما ابتعدنا عن نقطة فوق المركز.

ولقد وضعت عدة مقاييس للدلالة على الدرجات المختلفة لشدة الزلزال. والمقياس الذى يسمى ميركالى المعدل Modified Mercalli أو مقياس وود - نيومان Wood-Neumann يستخدم الآن على نطاق واسع. ويستخدم هذا المقياس أرقاما للدلالة على درجات الشدة المختلفة، وتتدرج هذه الأرقام من «واحد i (One)» وهذا يدل على زلزال ضعيف جدا لا يشعر به الناس وتسجله فقط الأجهزة الحساسة، ويتدرج المقياس ليصل إلى رقم «اثنى عشر XII» ، وهذا معناه زلزال تدميرى مأساوى catastrophic، وينتج عنه دمار شامل (فى الأصل كانت هناك عشرة أرقام فقط). وبمعرفة موقع نقطة فوق المركز، يتم تعيين شدة الزلزال علي خريطة باستخدام الخطوط المتساوية سيزميا isoseismal التى تصل بين المناطق المتساوية الشدة زلزاليا.

وعلى هذا الأساس، فالزلزال الذى شدته (XII) عند نقطة فوق المركز، سيكون له «أحزمة دائرية للشدة» تحيط بها وتتناسب شدة الزلزال عكسيا مع مربع المسافة عن نقطة فوق المركز.

• المقدار Magnitude

نظرا لأن المقياس الذى ذكر سابقا «ميركالى» يعتمد إلى حد كبير على التقدير الشخصى، فإن علماء الزلازل يفضلون مقياسا كميا، يعتمد على أجهزة التسجيل. ويستخدم هذا المقياس لتعيين مقدار الزلزال عن طريق تقييم الطاقة الكلية التى أطلقها الزلزال، ويسمى هذا المقياس رشتر Richter. وهو نظام يدل على مقدار الزلزال بأرقام تعبر عن الطاقة الفعلية التى انطلقت فى الأساس الصخرى.

٧- باطن الأرض Interior of the Earth

مع أن معظم العمل الأساسى لجهاز السيزموجراف، ينصب على تسجيل الزلزال، إلا أنه يعد مصدرا مهما للإمداد بالمعلومات عن باطن الأرض، وتدل البيانات التى حصل عليها علماء الزلازل عن أن الغلاف الصخرى للأرض lithosphere (انظر الفصل الأول)، قد ينقسم إلى ثلاثة نطاقات هى: القشرة crust والوشاح mantle واللب core (شكل ١٠٣).

• القشرة Crust

هى الطبقة العلوية من الغلاف الصخرى للأرض، ويختلف سمكها كثيرا من أحواض المحيطات (يصل سمكها فى بعض الأماكن إلى أربعة أميال)، إلى القارات (من الممكن أن يصل سمكها من ٢٠ إلى ٣٠ ميل تحت جبال معينة) ويتردد الوزن النوعى للقشرة الأرضية من ٢,٥ إلى ٣,٤. ولا تختلف صخور القشرة الأرضية فى سمكها وكثافتها فقط، بل تختلف أيضا فى تركيبها، فالصخور التى توجد تحت الأحواض المحيطية تكون أثقل من تلك التى توجد أسفل القارات، وتسمى السيما sima، نظرا لأنها غنية فى محتوى السليكون والمغنسيوم. وهذه الصخور هى من الأنواع البازلتية أساسا.

أما المواد التى تكون القشرة القارية، فتبدو أنها تتكون من طبقتين محددتين، والطبقة العلوية منها ذات طبيعة جرانيتية. ونظرا لاحتواء هذه الصخور على نسبة عالية من السليكون (Si) والألومنيوم (Al)، فإنها تسمى السيال sial.

وتدل النتائج التى أمكن الحصول عليها من سرعات الموجات الأولية والثانوية على أن الطبقة السيالية يتردد سمكها بين ١٠ و ١٥ ميلا. أما الطبقة

السفلية، والتى يتردد سمكها بين ١٠ و ١٥ ميلا أيضا، فتتكون من صخور سيماتية simatic مشابهة للصخور التى توجد أسفل أحواض المحيط.

ويتميز قاع القشرة الأرضية بوجود انقطاع واضح ومحدد يسمى انقطاع موهوروفيتشيك Mohorovicic Discontinuity أو موهو « Moho». وكان أول من أشار إلى وجود هذا الانقطاع هو العالم أندريا موهوروفيتشيك عام ١٩٠٩، وهو عالم زلازل يوغوسلافى. وأوضح أن هذا الانقطاع يقع تحت سطح الأرض عند عمق يتردد بين عشرين وثلاثين ميلا. وهناك تزداد سرعة الموجات الأولية والثانوية مما يدل على تغير فى كثافة الصخور أسفل «الموهو» Moho .

•الوشاح Mantle

يوجد الوشاح أسفل انقطاع موهورفيتشيك وسمكه ١٨٠٠ ميلا وهو المنطقة المتوسطة فى الغلاف الصخرى. وتتزايد سرعات الموجات الأولية والثانوية بالتدريج عند دخولها منطقة الوشاح الصخرى. ويدل هذا السلوك على أن الوشاح يتكون أساسا من صخور صلبة تزداد كثافتها بزيادة العمق. وتتردد الكثافة النوعية للصخور فى هذا النطاق من ٣,٥ (فى الجزء العلوى من الوشاح) إلى حوالى ٨ عند القاع.

•اللب Core

هو قلب الأرض أو نواتها ويبلغ قطره حوالى ٤٣٠٠ ميل (٦٨٠٠ كيلو متر)، وهو ساخن جدا ووزنه النوعى ثقيل ويقع تحت ضغوط هائلة. ويقسم إلى جزئين: جزء خارجى، ربما يكون سائلا، ويسمى اللب الخارجى outer ocore، وجزء داخلى يسمى اللب الداخلى inner core ويعتقد أنه فى الحالة الصلبة. ويبدأ اللب الخارجى من عند قاعدة الوشاح (وسمكه حوالى ١٨٠٠ ميل)، ويصل إلى عمق ٣١٦٠ ميلا تقريبا. ويعتقد أن الطبقة الخارجية للب الأرض سائلة، لأن الموجات الثانوية لا تنفذ من خلال هذه الطبقة، وتنتقل الموجات الأولية (أ) بسرعة أقل، ويعتقد أن سمك اللب الخارجى يبلغ ١٣٠٠ ميل، وتبلغ كثافة المواد المكونة له حوالى ١٢ أو أكثر. أما طبقة اللب الداخلى inner core فيبلغ قطرها ١٧٠٠ ميل بالتقريب، ويعتقد أنها صلبة. إذ إن سرعة الموجات الأولية تزداد فجأة كلما تعمقت داخل طبقة اللب. ويعتقد العلماء أن الطبقة الداخلية للنواة قد تتكون أساسا من النيكل والحديد، وهى مواد ثقيلة جدا وقد يصل وزنها النوعى إلى أكثر من ١٧.

الفصل الثانى عشر

السهول والهضاب والجبال

PLAINS , PLATEAUS AND MOUNTAINS

القارات وأحواض المحيطات هى الأشكال البرية الرئيسية، وتعد من المعالم التضاريسية ذات المرتبة الأولى. وقد تعرضنا لها بالدراسة فى الفصول السابقة. والآن سنتناول فى هذا الفصل المعالم التضاريسية من المرتبة الثانية والتى تتمثل فى السهول والهضاب والجبال.

١- السهول Plains

السهول مثل الهضاب، (والتى سنناقشها فيما بعد)، توجد تحتها طبقات منبسطة من الصخور. لكن السهول والهضاب تختلف عن الجبال فى ارتفاعها النسبى عن مستوى سطح البحر وكذلك فى كم التضاريس الموجودة. وتوجد معظم السهول تقريبا - وليست كلها - بالقرب من مستوى سطح البحر. ولا يتعدى ارتفاع تضاريسها مئات قليلة من الأقدام فى معظم الأحوال.

وتقسم السهول إلى أنماط مختلفة على أساس أصل المواد الصخرية التى تكونت منها.

• السهول البحرية أو الساحلية Marine or Coastal Plains

تكونت السهول البحرية الداخلية، مثل سهول وادى المسيسيبى العلوى نتيجة لعملية الرفع مع قليل من الطى والالتواء أو بدونهما. أما السهول الساحلية مثل سهول الأطلنطى بالولايات المتحدة الأميركية فتكونت نتيجة لعملية بروز emergence أرضيات البحر الضحل.

•سهول البحيرات Lake Plains

تسمى أيضا السهول البحيرية lacustrine. وتكونت هذه السهول نتيجة لعملية بروز أرضية البحيرة. والتى قد تنكشف نتيجة لعملية التبخير والرفع، أو نتيجة لعملية الصرف وهى الأكثر شيوعا. ويشيع وجود مثل هذه السهول فى أميركا الشمالية وفى أستراليا.

•السهول الطميية،سهول الأنهار Alluvial Plains , River Plains

تتكون هذه السهول فى وديان الأنهار كسهول فيضانية وسهول دلتاوية عند مصبات النهار، أو سهول طميية عند أقدام الجبال (سلسلة من التلاع)، (انظر الفصل السابع). وكلمة طميية Alluvial تعنى أنها تتكون من طمى ورمل أو رواسب أخرى). ومعظم هولندا Holland سهول طميية كونّها نهرالراين.

•السهول المثلجية Glacial Plains

تتكون السهول المثلجية بطريقتين: قد تؤدى عملية التحات بالجليد إلى تسوية سطح الصخور الأفقية التى توجد تحت المثلجة فى منطقة ما. وفى مناطق أخرى، قد تترسب مكتسحات السهول outwash plains فى جبهة المثلجة (انظر الفصل الثامن).

•سهول اللابة Lava Plains

قد تتكون سهول واسعة الانتشار من انسياب اللابة lava flow، إما من البراكين الهادئة أو من طفح اللابة من الشقوق الكبيرة. وتوجد أمثلة جيدة لهذا النوع من السهول فى جزر هاواى وأيسلندا.

٢- بعض السهول البريطانية Some British Plains

•سهل سالزبورى Salisbury Plain

يعد هذا السهل من السهول المشهورة جدا (ويطلق عليه البعض اسم هضبة) وهو عبارة عن منطقة كبيرة عالية تتكون من الطباشير تحيط حوض هامبشاير Hampshire.

• السهل الأيرلندى Irish Plain

يشغل هذا السهل معظم وسط أيرلندا، وهو فى الواقع هضبة منخفضة low-lying plateau. ويوجد الحجر الجيرى أسفله، ونظرا لأنه سهل ثلجى مناخه رطب جدا، وإن هذا الجزء من أيرلندا معظمه مستنقعات، فمن المحتمل أن يكون هذا السهل الأيرلندى قد تطور من بحيرات ما بعد الفترة الجليدية.

• سهل مدلاند Midland Plain

يوجد هذا السهل جنوب لنكولنشاير Lincolnshire وهو منطقة طمية تكونت نتيجة لتغيرات حدثت فى مجارى الأنهار كنهرى أوس وويلاند Ouse Welland.

• سهل شيشاير Cheshire Plain

يوجد أسفل هذا السهل قعيرة كبيرة من الدور الترياسى مملوءة بالملح، ويتميز هذا السهل بوجود المستنقعات التى تكوّن بعضها نتيجة للهبوط الذى نشأ بعد استخلاص الملح.

٣- الهضاب Plateaus

هى مساحة كبيرة مسطحة ذات ارتفاع ملموس، تسفلها طبقات من الصخور الأفقية. وعلى النقيض من السهول التى تمثل تضاريس منخفضة، فإن الهضاب تمثل تضاريس عالية. وغالبا ما توجد خوانق ووهاد على سطح الهضبة . ومعظم الهضاب تعلو بأكثر من ألفى قدم فوق منسوب البحر، وبعضها مثل هضبة كولورادو وهضبة التبت ترتفع بأكثر من ميل فوق منسوب سطح البحر.

• هضاب الصدوع Fault Plateaus

فى بعض المناطق تتعرض السهول الموجودة إلى التصدع الرأسى المستمر، الذى يرفع هذه السهول إلى ما فوق منسوب سطح البحر. وتتكون هضاب الصدوع من سلاسل من كتل الصدوع الأفقية المرتفعة. ومن أمثلة هضاب الصدوع، هضبة كولورادو وهضبة شرق أفريقيا التى تعد أكبر هضبة من هذا النوع وهى مجزأة بوديان خسفية.

• هضاب الرفع Warped Plateaus

قد ترتفع بعض الهضاب نتيجة لعمليات الرفع uplift البطيئة التى تصاحبها عملية تصدع صغيرة، أو قد لا يكون هناك تصدع بالمرة. وتعد هضبة الأبلاش بشرق الولايات المتحدة الأمريكية مثالا لهذا النوع من الهضاب.

• هضاب اللابة Lava Plateaus

تتكون هضاب اللابة عندما تنساب اللابة أفقيا ويتراكم بعضها فوق بعض لتكون منطقة مرتفعة. وتوجد هضبة لابية تمتد من أنتريم Antrim فى أيرلندا إلى أجزاء من أيسلندا وجرينلاند. وأكبر الهضاب اللابية هى هضبة الدّكان Deccan فى جنوب الهند، وكذلك هضبة نهر كولومبيا فى الشمال الغربى للولايات المتحدة، وترتفع كل منهما آلاف الأقدام فوق منسوب سطح البحر. وتمتد كل هضبة لتغطى مساحة تزيد على ٢٠٠ ألف ميل مربع.

٤ - الجبال Mountains

الجبال مناطق ذات تضاريس واضحة وذات ارتفاعات عالية، ولها منطقة قمّية صغيرة ترتفع بوضوح تام فوق المناطق المحيطة بها. وهناك بعض الجيولوچيين الذين يخصصون كلمة جبال للمناطق التى تنحرف فيها الصخور أو تضطرب، وفى هذا المجال لا بد أن نستبعد الجبال التحاتية erosional mountains، التى تكونت فوق الهضاب الشديدة التمزق. والجبال التى تتجمع فى مجموعات حيود مترابطة لتكون وحدة متصلة، تسمى سلسلة جبلية. والمنظومة الجبلية mountain system هى مجموعة سلاسل جبلية لها تاريخ چيولوچى مشترك. والسلسلة الجبلية هى وحدة طولية تتكون من عدة منظومات جبلية moun-tain systems، بغض النظر عن تشابهها فى الشكل أو علاقات العمر الجيولوچى.

٥ - أصل الجبال Origin of Mountains

قد تنشأ الجبال نتيجة للنشاط النارى (تدخلات نارية فى الأعماق أو بفعل البراكين)، أو بفعل الحركات الأرضية «التكتونية». وتصنف الجبال على حسب نوع القوة التى كونتها إلى الأنواع التالية:

• الجبال البركانية Volcanic Mountains

تسمى الجبال التى نتجت عن النشاط النارى النابط extrusive igneous activity باسم الجبال البركانية (شكل ١٠٤ أ). وهذه الجبال قد تتكون من قصبات بركانية volcanic necks (مثل كاسل روك Castle Rock عند سترلنج فى اسكتلندا)، أو تتكون من طبقات قمعية من كُسارة مواد نارية fragmented Igneous materials حول عنق مركزى بركانى (مايون Mayon، فى جزر الفلبين)، أو نتيجة لتراكم التدفقات اللابية حول عنق بركانى مركزى(أيلدون هل Eildon Hill فى اسكتلندا)، أو القباب البركانية. وهناك أمثلة من هذه الأنواع الأربعة توجد فى جزر هاواى. وأشهر الجبال فى العالم وأعظمها، يرجع أصلها إلى النشاط البركانى، وهذه تشمل جبل إتنا Etna وفيزوف Vesuvius فى إيطاليا، وفيوجى ياما Fujiyama فى اليابان وكذلك بوبوكاتبتيل فى المكسيك، كذلك فإن جزر هاواى وألوتيان Aleutian هى قمم لسلاسل جبال بركانية ترتفع من أرضية المحيط.

• الجبال المطوية Folded Mountains

قد تسبب الاضطرابات القشرية فى انثناء الطبقات وتضاغطها لتنحنى إلى أعلى آلاف الأقدام (شكل ١٠٤ ب) والطى الذى ينشأ عادة بفعل عملية تضاغط لطبقات الصخر قد يصاحبه عملية تصدع. وعلى هذا فقد تتكون السلاسل الجبلية من حنائر (anticlines) تتبادل مع قعائر (synclines). وتعد سلسلة جبال يورا Jura فى فرنسا وسويسرا من الأمثلة الكلاسيكية للجبال المطوية. وسلسلة الجبال الأبلاشية Appalachian الموجودة فى شرق الولايات المتحدة تعد من الأمثلة الواضحة لنماذج الجبال التى تكونت بفعل عمليات الطى المصاحبة لعمليات التصدع. ويعرف هذا النوع من السلاسل الجبلية بأنه معقد الطى complexly folded.

ومن أمثلة هذا النوع أيضا من الجبال المطوية، جبال الألب Alps والهيمالايا Himalayas والأنديز Andes وسلسلة جبال روكى Rocky Mountains.

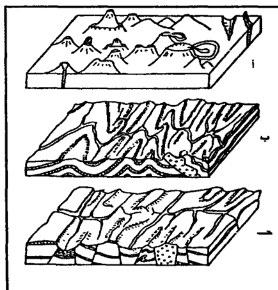
وهناك بعض النظريات التى تعرضت لتفسير أصل القوى التضاغطية للطى، وقد ورد ذكرها فى الفصل الخامس.

وقد تتسبب التدخلات النارية فى رفع الطبقات إلى أعلى لتكوِّن قبابا عريضة broad domes . وينشأ مثل هذا النوع من الجبال حينما تغزو الصخور المنصهرة طبقات الأساس الصخرى bedrocks، فتدفع الطبقات التى تعلوها إلى الانحناء إلى أعلى.

وتعد اللاكوليثات laccoliths هى المتدخلات النارية الأكثر شيوعا فى تكوين القباب التى من هذا النوع. ويعتقد أن جبال هنرى Henry Mountains فى يوتا هى قباب لاكوليثية laccolithic domes، ومع ذلك فليست كل الجبال القبابية يرجع أصل تكوينها إلى اللاكوليثات. فمثلا جبال التلال السوداء Black Hills فى جنوب داكوتا لها بنية قبابية عريضة ونواة جرانيتية granitic core، لكن لا يعتقد أنها تكونت بفعل اللاكوليث. وبرغم أن جبال كورندون فى شروب شاير لا تعد جبالا بالمعنى الحقيقى إلا أنها تعد من الأمثلة الممتازة للتلال القبابية الشكل التى تكونت بهذه الطريقة.

• جبال الصدوع أو الجبال الكتلية Fault or Block Mountains

قد تؤدى عملية التصدع إلى رفع كتل ضخمة من القشرة الأرضية أو إلى إمالتها بزوايا مختلفة(شكل ١٠٤ جـ)، وعلى هذا فإن الكتل الجبلية المتصدعة



شكل (١٠٤)
أنواع الجبال
أ- بركانية.
ب- مطوية.
ج- صدع أو كتلة.

يكون انحدارها شديدا وقصيرا على أحد الجوانب، وعلى الجانب الآخر يكون الانحدار أقل شدة وأطول. وتعد جبال Vosges وجبال الغابة السوداء Black Forest من صدوع النتق horst التى لم تحدث فيها إمالة للكتل المتصدعة. أما جبال البناين Pennines فجزء منها يتكون من كتل مائلة، تميل بلطف ناحية بحر الشمال.

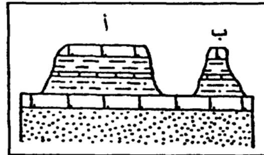
• الجبال المعقدة Complex Mountains

تتكوّن كثير من السلاسل الجبلية المعروفة فى العالم نتيجة لعمليات النشاط النارى والحركات التكتونية معا.

ونظرا لتعقد التاريخ الجيولوجى لها، فقد سميت بالجبال المعقدة complex mountains . وربما تظهرهذه الجبال شواهد على عمليات الطى والتصدع. والنشاط البركانى، والتدخل النارى، والتقبب doming. ويتكون بعض من هذه الجبال المعقدة من الصخور النارية كلية، بينما تتكون جبال أخرى من صخور متحولة أو من صخور رسوبية متحرفة بدرجة قليلة. والمناطق الجبلية فى اسكتلندا من نوع الجبال المعقدة، فهى مطوية ومتصدعة بشكل مذهل.

٦- المخلفات التحاتية Erosional Remnants

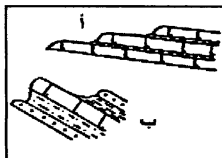
الجبال التحاتية أو الجبال المتخلفة residual mountains هى ظواهر طوبوغرافية معينة ترتفع بوضوح فوق ما يحيط بها، لكنها لا تتكون من صخور متحرفة. وهى بقايا الأراضى العالية التى تعرضت لعمليات تحات مستمرة وممتدة. وتتكون مثل هذه المعالم على الهضاب العالية الممزقة بشدة. وتشمل الميسا Mesas (شكل ١٠٥ أ) والبوت Butte (شكل ١٠٥ب) والأولى لها قمم مسطحة



شكل (١٠٥)
بقايا التحات
أ- هضبة (ميسا).
ب- هضبة منعزلة (بوت).

وعريضـــة، أما الثانية فـهى تلال أصغر حـجما وجوانبـها أشد انحدارا ولهـا قمم ضيقة.

وتشيع تلال ميســا فى بريطانيا وبخاصــة فى الأراضى الوسطى Midlands وحول كوتسوالدز Cotswolds، ولعل أشهرها تلك الموجودة فى جبل تيبولTable Mountain بالقرب من كـيب تاون فى جنوب أفريقيـا، والبوتات Buttes (جمع بوت) شائـعة كذلك فـى جنوب أفريقـيا، وتعرف هنـاك باسم كوبجـيز Kopjes (شكل ١٠٦). وحينما تحدث إمـالة للطبقات الرأسيـة القائمـة فإنها تسـمى كوستا Cuesta أو ظهــور الخنــازير Hog's Backs (شكل ١٠٦). ويـشــيــع وجـود الكوستات فى المناطق التى يوجد فيها الحجر الجيرى متبادلا مع طبقات الطفلة كما فى منطقة بيك Peak District. وكذلك توجد كـوستات شهيـرة فى منطقة سارى Surrey بين فارنهـام وجلدفورد، حيث تـتكون من حيد طبـاشيرى بين طبـقات صلصالية رملية رخوة.



شكل (١٠٦)
مظاهر التحات
أ- كوستا. ب- ظهر الخنزير.

وتوجد بقـايا صخـور منعزلة تكونت بعـمليات التـحات تسمـى مونادنوك Monadnock، وهى بقـايـا سـلاسل جـبليــة قـديمـة، ويشـيـع وجـودها فى أستراليـا. وترجع التـسميـة إلى جبل مونادنوك، وهو جبـل متبق فى نيوهامـبشاير بالولايات المتحدة الأميركية.

الفصل الثالث عشر

الچيولوچيا والإنسان

GEOLOGY AND MAN

يستخدم الإنسان المعلومات الچيولوچية والثروات التى يستخرجها من الأرض فى شتى المجالات. ويعتمد الاقتصاد الصناعى الحديث على استغلال جميع المواد الموجودة فى الأرض، ولذلك فإن مهمة الچيولوچى أن يمد المدنية الحديث بالوقود المعدنى والخامات والمعادن الاقتصادية الأخرى، التى تعد ضرورية للغاية فى عمليات التنمية الصناعية. وفى هذا الفصل سوف نلقى الضوء على بعض المعلومات عن طبيعة وأهمية بعض ما نستخرجه من الأرض من منتجات ذات قيمة اقتصادية عالية، وكيف استغل الچيولوچيون والمهندسون المعلومات الچيولوچية فى مجال البترول والتعدين وغيرها من فروع الچيولوچيا، وكيف استطاع الإنسان أن يغير وجه كوكب الأرض باستغلال المواد المستخرجة من الأرض.

ويحقق علم الچيولوچيا أحد أهم إنجازاته فى مجال الاستكشاف والتنمية والحفاظ على المصادر المعدنية الطبيعية التى تشتمل على الوقود الحفرى fossil fuel والمعادن الفلزية واللافلزية والصخور والمعادن التى تستخدم فى الصناعة.

١ - الوقود الحفرى Fossil Fuel

يعد الوقود الحفرى (الفحم والبترول) من أكثر المنتجات أهمية وقيمة للصناعة الحديثة. وكلمة «حفرى fossil» التى تصف الوقود، سواء منه الفحم أو البترول، تدل على أنهما قد نتجا من مخلفات الحياة فى الماضى.

•الفحم Coal

وقود حفرى أصلة نباتى، يوجد فى أنواع معينة من الصخور الرسوبية، ويتكون من الكربون والهدروجين والأكسجين والتروجين، لكنه يحتوى فى العادة على كمية من الكبريت وكذلك السليكا وأكسيد الألومنيوم فى صورة شوائب. ويتكون الفحم نتيجة لعملية التكربن أو التفحم carbonization، وهى عملية تتحلل فيها المواد النباتية حيث تفقد الماء والمواد المتطايرة مما يؤدى إلى تركيز الكربون (انظر الفصل الخامس عشر أيضا) وفى الفصل الرابع من هذا الكتاب يوجد شرح للأنواع المختلفة للفحم وطرق تكوينها. والفحم ليس موجودا بوفرة وحسب، بل إنه واسع الانتشار فى العالم؛ وتعد ألمانيا والولايات المتحدة وبريطانيا العظمى أهم دول العالم فى إنتاج الفحم.

وينشأ معظم الفحم من بقايا نباتات الدور (العصر) الكربونى. ويستخرج الفحم فى بريطانيا من وادى مدلاند Midland Valley فى اسكتلندا ونورثمبرلاند Northumberland ودرهام Durham وكمبرلاند Cumberland ولانكشاير Lancashire ويوركشير Yorkshire ودربى شاير Derbyshire ونوتنجهام Nottingham وليسستر شاير Leicestershire وستافورد Stafford وشوربشاير Shorpshire وشمال وجنوب ويلز Wales وكنت Kent. وبالرغم من أن البترول قد حل مكان الفحم فى كثير من الأغراض الصناعية، إلا أن بريطانيا مازالت تنتج كل عام ١٥٠ مليون طن من الفحم.

•البترول Petroleum

يعتقد معظم الچيولوچيين أن البترول (الزيت والغاز) قد تكون أصلا من بقايا النباتات والحيوانات البحرية الدقيقة التى دفنت فى الطين والرمال فى البحار الضحلة التى كانت موجودة فيما قبل التاريخ والتى تحللت تدريجيا بواسطة البكتيريا، مخلفة بقايا من مركبات هدروكربونية. وبالرغم من أن العمليات التى تحولت عن طريقها المواد العضوية إلى بترول، ليست مفهومة بدقة، إلا أنه من المؤكد، أن هذه العمليات استغرقت وقتا طويلا جدا، مصحوبا بتزايد فى درجة حرارة الرواسب وتضاغطها.

وبعد أن يتكون البترول ينتقل من الطين والطفلة التى تكون فيهما إلى صخور أكثر مسامية، ثم يهاجر إلى بنيات صخرية ملائمة لتجميعه. وتسمى الصخور التى تكون فيها الغاز والزيت باسم صخور المصدر source rocks، وتكوِّن فى العادة الصلصال الأدكن اللون والطفلة ذات المحتوى العالى من المواد العضوية. وتسمى الصخور المسامية والمنفذة porous and permeable صخور المكمن reservoir. وتعد الرمال والأحجار الرملية والحجر الجيرى المسامى والدولوميت من صخور المكامن الفعالة. أما المصايد traps فهى مناطق فى صخور المكمن تُوقف هجرة الزيت أو الغاز وتتسبب فى تجمعه بمكانه. ومن المصايد المهمة، الطيات المحدبة (الحنائر) والصدوع وقباب الملح.

ولكى تتكون بركة بترول oil pool (طبقة مسامية أو صخر مشبع بالزيت)، فلا بد أن يتوافر:

أ - طبقة مصدر source bed.

ب - صخر مكمن reservoir rock .

جـ - مصايد أو بِنَيَات traps or structures .

والمهمة الأساسية للجيولوچى الذى يعمل فى مجال البترول أن يحدد أماكن هذه المصايد التى تكون مناسبة لوقف هجرة الزيت أو الغاز، ويتم ذلك بطرق عديدة، فيقوم الجيولوچى بدراسة الخرائط الليثولوچية للصخور المنكشفة على السطح وقد يقوم بفحص كسارة الصخر fragments التى تأتى إلى السطح من الحفر الاستكشافى. وبالإضافة إلى ذلك فإن كثيرا من شركات البترول تستخدم وسائل چيوفيزيقية للبحث عن البترول. ويتطلب مثل هذا النوع من البحث والتنقيب نوعا من السيزموجراف يشبه ذلك الذى يستخدم لقياس الزلازل (انظر شكل ٩٨). وتعتمد الطريقة الفنية المعروفة باسم التنقيب الجيوفيزيقى على إحداث هزات أرضية باستخدام مواد متفجرة، ويسجل السيزموجراف المسار الذى تسلكه الموجات الناتجة عن هذه الهزات السيزمية الصناعية أثناء انتقالها عبر الصخور. ومن التسجيلات السيزمية، يمكن الاستدلال على نوعية الصخور الموجودة، وكذلك أعماقها التقريبية، كما يمكن معرفة إمكانية وجود مصايد بترولية مناسبة.

ويوجد البترول فى أماكن كثيرة من العالم وفى صخور يتردد مدى العمر فيها من الكمبرى Cambrian حتى الثالث المتأخر Late Tertiary . وفى بعض المناطق، ينتج الزيت من آبار لا تبعد عن سطح الأرض سوى أقدام قليلة. بينما فى أماكن أخرى، يستخرج البترول من آبار تبعد عن سطح الأرض أميالا عديدة. ويزيد إنتاج البترول فى الولايات المتحدة عن إنتاج البترول فى كثير من الدول مجتمعة، وتعد ولاية تكساس هى المنتج الرئيسى للبترول فى الولايات المتحدة الأميركية.

ومن أهم الدول المنتجة للبترول أيضا، الاتحاد السوفيتى (سابقا) ورومانيا ودول الشرق الأوسط (المملكة العربية السعودية وإيران والعراق) وأندونيسيا وفنزويلا وكولومبيا ودول أخرى فى أمريكا الجنوبية. وكندا والمكسيك أيضا تعدان من الدول المنتجة للبترول. وتوجد بعض التجمعات البترولية القليلة فى أجزاء من بريطانيا. وحقل البترول الموجود فى يوركشير لم يثبت بعد أنه جدير بتكاليف استخراج البترول منه. لكنه توجد بئر بترولى صغيرة تقع شمال نوتنجهام، تنتج عشرات الآلاف من أطنان الزيت سنويا. لكن الاكتشا ات ذات المغزى الاقتصادى الكبير هى تلك التى أنجزت تحت سطح بحر الشـ ال منذ بضع سنوات، وبدأ توزيع الغاز عن طريق شبكة من الأنابيب، تتصـ ل بالأجهزة التى تعمل بالغاز. ويجرى، حاليا تطوير واستغلال حقول البترول الكثيفة التى ستحل مشكلة توفير الطاقة للبلاد لعشرات السنين المقبلة. وقد اكتشف أخيرا زيت وغاز طبيعى فى أستراليا.

وفى سبتمبر عام ١٩٦٩ عرضت أراضٍ «بالقرعة» لأول مرة فى ألاسكا للتنقيب عن البترول فيها، ودفعت فيها مبالغ فلكية فى مزاد غريب الشأن، بلغ إيراده بلايين الدولارات.

٢- المعادن الفلزية Metallic Minerals

تشمل المعادن الفلزية والخامات المعدنية، المواد القيمة مثل الألومنيوم والنحاس والذهب والرصاص والزئبق والفضة والقصدير والزنك والحديد والنيكل، كذلك فإن المعادن المشعة مثل اليورانينيت uraninite (أو البتشبلند)

والكارنوتيت carnotite تعد من المعادن المهمة. وتوجد فى الفصل الثانى من هذا الكتاب معلومات عن أماكن وجود أهم المعادن الفلزية واستخداماتها وكذلك صفاتها الفيزيقية والكيميائية. وتوجد المعادن الفلزية فى الصخور النارية والرسوبية والمتحولة. كما أن الخامات الفلزية توجد فى صورة عروق معدنية، وتتكون بعض العروق المعدنية عندما ترسِّب المياه الأرضية بعضا من المعادن الفلزية التى تحملها، فى فجوات الصخور. وهناك نوع آخر من المعادن الفلزية يرتبط بالنشاط النارى، ويتكون عندما تحقن الصهارة فى صخور المنطقة. وهذا النوع الأخير يرتبط بمناطق التحول التماسى (انظر الفصل الخامس) على طول حافات المتدخلات النارية. وتوجد فى بعض المناطق تركيزات متخلفة residual concentratiors من خامات نتجت عن عملية التجوية الكيميائية، مثل خامات الألومنيوم القيمة (البوكسيت) التى تكونت نتيجة لتجوية أنواع معينة من الصلصال والجرانيت أو صخر السيانيت syenite، التى تحتوى على كميات كبيرة من الألومنيوم. كذلك فإن بعضا من أضخم رواسب الحديد فى العالم، يعتقد أنها تكونت بنفس هذه الطريقة.

وتوجد المعادن الفلزية أيضا فى تركيزات طبيعية ميكانيكية تسمى رواسب البرقة placer. وهناك تراكمات لمثل هذه الخامات فى الرمال والجراول فى طبقات مجارى الأنهار التى نحتت وفتتت الصخور التى كانت توجد فيها هذه الفلزات أصلا. فهناك الذهب فى مجرى نهر ساكرامنتو Sacramento بكاليفورنيا، وكذلك الذهب (مع البلاتين) الذى يوجد فى جراول جنوب أفريقيا، والقصدير الذى يوجد فى جراول بالملايو. وهناك أيضا اللافلزات الثمنية مثل الألماس فى جنوب أفريقيا. هذه بعض الأمثلة لرواسب البرقة التى تستغل فى الوقت الحاضر. كذلك توجد بعض الرواسب المعدنية التى تبدو أنها نتجت عن ترسيب المعادن فى بحيرات وبحار ما قبل التاريخ، وتشمل هذه الرواسب بعض أضخم رواسب الحديد فى الولايات المتحدة وفرنسا وكذلك رواسب المنجنيز الهائلة فى روسيا.

وحاليا يستخدم چيولوچى المناجم المدرب جيدا تقنيات چيوفيزيقية وچيولوچية كثيرة وأجهزة متطورة مختلفة لتحل محل الطرق التقليدية القديمة لالتقاط الذهب من أماكنه.

٣ - الصخور والمعادن الصناعية أو اللافلزية

Non-Metallic or Industrial Rocks and Minerals

بالإضافة إلى الوقود الحفرى والمعادن الفلزية، توجد مجموعة مهمة من الصخور والمعادن تستخدم لأغراض كثيرة وليس بسبب ما تحتويه من فلزات. ومن أمثلة تلك المواد القيمة، الأسبستوس (الصخر الحريرى) والكوارتز والرمال والصلصال والأسمنت والمخصبات المعدنية والملح والجير والكبريت. ومن المواد اللافلزية المستخدمة، أحجار البناء والزينة مثل الحجر الرملى والجرانيت والحجر الجيرى والملح والرخام، وكلها ذات أهمية اقتصادية. وقد سبقت دراستها فى فصول متقدمة من هذا الكتاب.

٤ - الچيولوچيا الهندسية Engineering Geology

الچيولوچيا الهندسية هى تطبيق علم الچيولوچيا لحل مشاكل عديدة مهمة وعمليات مؤثرة فى الهندسة المدنية. مثال ذلك إقامة السدود والقناطر والقنوات والخزانات والأنفاق والمبانى الشاهقة الارتفاع، وكذلك البنيات الثقيلة، وكلها لا يمكن إنجازها بنجاح بدون تفهم بعض المشاكل الچيولوچية الأساسية. ولسوء الحظ فإن هذه الحقيقة قد لا تؤخذ دائما فى الاعتبار، ويترتب على ذلك حدوث العديد من الانزلاقات الأرضية وانهيار السدود والأنفاق. وقد يكون السبب فى ذلك ممارسات هندسية خاطئة لم تأخذ فى حسابها الظروف الچيولوچية ومشاكلها ومحاولة حلها.

٥ - الإنسان، العامل الچيولوچى Man , the Geologic Agent

فى فصول سابقة، تعرضنا بالدراسة إلى عوامل چيولوچية كثيرة مثل الماء والجليد والجاذبية والبحر، لكننا لم نتحدث عن عامل مهم وهو الإنسان. فمنذ ٣٥ ألف سنة مضت، بدأ النوع البشرى *Homo sapiens* يطأ الأرض. وبدأ يغير العالم المحيط به. ولقد تحدثنا عن أثر أنشطة الإنسان فى البحيرات والسدود والخزانات. والخزانات الموجودة فى بريطانيا، بما فى ذلك الخزانات التى تقع فى جبال ويلز،

والتى تمد بريطانيا باحتياجات الصناعة من الماء، تعد ضئيلة بمقارنتها بما يستحدث من بحيرات اصطناعية فى أفريقيا وفى أماكن أخرى من العالم. ويقوم مشروع الجبال الثلجية snowy mountains، الذى بدأ فى أستراليا منذ ٢٥ عاما وأوشك على الانتهاء، بتحويل ٣٠٠٠ ميل مربع من الجبال ذات المناظر الخلابة إلى بحيرة ضخمة يطلق عليها اسم إيوكامبين Eucumbene ، وقد استلزم ذلك تحويل مجارى ثلاثة أنهار ضخمة. ويوجد فى بريطانيا مشروع يهدف إلى إغراق خليج موركامب الصغير وبناء خزان تحتاج إليه المنطقة بشدة.

وقد تركت المحاجر ندبا وعلامات على جوانب التلال (أحجار البناء من دارتمور Dartmoor وجبال بينينيس Pennines ، وأيضا الصلصال من حوض لندن London Basin). وتؤدى المناجم المفتوحة إلى تشويه المناظر الطبيعية. ومن أمثلة ذلك مجموعة جبل عيسى Mount Isa Complex التى تمد أستراليا بالنحاس والفضة والزنك والرصاص. وكثير من محاجر الصلصال، تم إغراقها بالماء بعد أن انعدمت قيمتها الاقتصادية. ومثل هذه المحاجر كانت موجودة فى نيوود Nyewood بالقرب من بيترزفيلد فى هامبشاير Hampshire، حيث كان يوجد مصنع صغير للطوب يستخدم صلصال الجولت gault clay ، حتى أوائل الستينيات. وفى المكان نفسه اكتشفت أمثلة ممتازة من الأمونيتات ammonites والجبس المتبلور ومنعقدات nodules الفوسفات والبيريت. وفى الوقت الحالى تم إغراق هذه المحاجر وأقيم عند مدخلها مصنع للزجاج. ولا يسمح حاليا بحفر المحاجر إلا إذا كانت الأرض تسمح بإنشاء بحيرة مكانها وأن تردم وتزرع بالحشائش.

وتوجد أكوام النفايات(الخبث) التى خلفها الإنسان، ملقاة تشوه جمال الريف. وهناك أيضا تلال فى الشرق الأوسط تراكمت وغطّت بعض المدن الأثرية القديمة.

ولقد ساعد الإنسان الرياح فى القيام بعملها التحاتى، وذلك بإزالته واقتلاعه للنباتات الطبيعية، وكذلك بعمليات الفلاحة التى خلفت وراءها من النفايات ما أصبح بعد سنوات قليلة نوعا من جفان التراب dust bowels.

وتتعـرض مناطق المناجم إلى عمليات الهبـوط أحيانا، ولقد سـبق أن ذكرنا بعض الظواهر التى نشأت فى وسط مـقاطعة شيـشاير Cheshire بإنجلترا، نتـيجة لضخ المياه الملحية من الطبقات تحت السطحية.

وسوف تغـير الأنشطة المتزايدة التى لـها اتصال بآبار البـترول فى ألاسكا - وجـه الحيـاة هناك. ومثل هذه المشـروعات قـد تسبـب القلق لأولئك الناس الذين يحرصون على الحفاظ على البيئة. ولقـد قام الإنسان بالفعل بكثير من الأعمال التى أدت إلى انقراض أنواع كثيـرة من الحيوانات. ويجب التنويه إلى أن البيئة الطبـيعية مهددة بالمزيد من انقـراض الحيوانات، لكن أخيرا بدأ الإنسان يتـعلم كيف يحافظ على مسـتقبل الحـيوانات وأيضا يتـعلم الحفاظ على المناظر والمصـادر الطبيعـية فى كوكبنا، ولو أن هذا الاهتمام جاء متأخرا بعض الشىء.

القسم الثانى
PART 2

الچيولوچيا التاريخية
HISTORICAL GEOLOGY

الفصل الرابع عشر

أصل الأرض وعمرها

THE ORIGIN AND AGE OF THE EARTH

يختص القسم الأول من هذا الكتاب بالسمات الفيزيقية للأرض وكذلك بالعمليات الجيولوجية التى تعمل فيها. وفى الفصول التالية، سوف نناقش أصل الأرض وعمرها. وسنحاول إعادة هيكلة بعض الأحداث المهمة التى وقعت فى الماضى الجيولوجى. وأخيرا، فإننا سوف نوضح كيف أن الخريطة الجيولوجية لمنطقة ما، تسجل ثروة من المعلومات الفيزيقية والتاريخية لهذه المنطقة.

١ - أصل الأرض The Origin of the Earth

من أين أتت الأرض ؟ وكيف بدأت ؟ لقد ظل الإنسان يتأمل فى مثل هذه الأسئلة منذ بداية التاريخ المكتوب. وهو مازال متحيرا فى الإجابة عن هذه الأسئلة، وما زالت المشكلة بلا حل. ولكن نتج عن ذلك عدد من الفرضيات hypotheses، وحتى الآن، لم يحظ أى من هذه الفروضيات بالقبول والاقتناع التام.

• الفرضية السديمية The Nebular Hypothesis

تقول هذه الفرضية إن النظام الشمسى بدأ من سديم Nebula «سحابة غازية ضخمة جدا ذات شكل قرصى». وقد نشأت هذه الفكرة لأول مرة عام ١٧٥٥ عندما نادى بها الفيلسوف الألمانى إيمانويل كانت Immanuel Kant . ثم أتى بعد ذلك عالم الرياضيات الفرنسى بيير لابلاس Pierre Laplace عام ١٧٩٦ فطوَّر الفرضية وصاغها بطريقة علمية. وبالرغم من أن «كانت» و «لابلاس» قد توصلا إلى نفس الاستنتاج، إلا أن «لابلاس» لم يكن يعلم بعمل «كانت» السابق.

وقد افترض «كانت» و «لابلاس» أنه فى فترة زمنية من الماضى السحيق، كان يدور فى الفضاء - ببطء - سديم هائل الحجم يمتد قطره إلى أبعد من المدار الخارجى لأقصى كوكب من كواكبنا. وبدأ هذا السديم فى الانكماش مع تبرده المستمر. وتبع ذلك زيادة سرعة حركته الدائرية. وفى نهاية الأمر ازدادت سرعة حافة السديم لدرجة أن القوة الطاردة المركزية تغلبت على القوة التجاذبية فانفصلت حلقة من الغاز عن الجسم الرئيسى للسديم. واستمر السديم فى الانكماش وفى الدوران بسرعة متزايدة، واستمر انفصال الحلقات الغازية الواحدة تلو الأخرى حتى بلغ عددها عشر حلقات وتكثفت ببطء تسع من هذه الحلقات المنفصلة لتكوِّن كواكبنا التسعة. أما الحلقة السادسة من هذه الحلقات فبدلا من تكثُّفها فى وحدة واحدة، انفجرت إلى كتل كثيرة صغيرة هى الكويكبات، وبعد ذلك تكثفت كتلة السديم المركزية لتكون الشمس.

وقد لاقت الفرضية السديمية القبول ودعمها الكثير من الأدلة العلمية فى القرن التاسع عشر. ولكن البحوث التى أجريت بعد ذلك بينت أن هذه الفرضية غير مقبولة، ومن ثم تم استبعادها فى بداية القرن العشرين. وهناك اعتراضات كثيرة عليها من أهمها أن الميكانيكية التى افترضت النظرية على أنها كانت السبب فى انفصال حلقات السديم تعد مستحيلة لأن سرعة دوران الشمس على درجة شديدة من البطء بالمقارنة بسرعة دوران الكواكب.

• فرضية الكويكبات Planetesimal Hypotheis

طبقا لهذه الفرضية، كانت الشمس نجما بلا كواكب فى وقت ما فى الماضى البعيد، ومرَّ نجم آخر قريبا جدا من الشمس، مما أوجد قوة جذب هائلة، بحيث إنها كانت كافية لكى تجذب كتلا عظيمة من المادة من جانبى الشمس المتقابلين. ولما انتزعت المادة من الشمس تبردت وتكثفت على هيئة جسيمات تسمى الكويكبات Planetismals وعملت أكبر هذه الكويكبات كنوى nuclei جذبت باقى الكويكبات. وأخذت هذه الكويكبات فى الكبر تدريجيا باكتساحها الكويكبات الأخرى التى قابلتها فى مدارها حتى وصلت إلى حجمها الحالى، ثم اتخذ كل جسيم من هذه الكويكبات مداره الخاص حول الشمس. ويعتقد أن الأقمار (التوابع)

satellites قد تكونت من أجزاء صغيرة من الكويكبات كانت توجد بالقرب من النوى التى تكونت منها الكواكب.

وبالرغم من أن فرضية الكويكبات ظلت مقبولة لعقود كثيرة، إلا أن هناك اعتراضات چيولوچية وفلكية عديدة على هذه الفرضية. مثال ذلك: معظم المعلومات التى نعرفها عن بنية الأرض تقول إن الأرض كانت أساسا فى حالة منصهرة، بينما تقول فرضية الكويكبات إن الأرض كانت بدايتها كوكب فى الحالة الصلبة، هذا بالإضافة إلى أنه من المشكوك فيه أن الكويكبات قد تجمعت بعضها مع بعض نتيجة لعملية التزايد accretion، لأن تصادم هذه الجسيمات فى الفضاء الخارجى، يمكن أن يؤدى إلى تحطيمها.

• الفرضية المدية أو الغازية Tidal or Gaseous Hypothesis

تشبه هذه الفرضية، فرضية الكويكبات التى سبق ذكرها، حيث تفترض وجود شمس أصلا ومر بالقرب منها نجم زائر. وقد قدم هذه الفرضية المدِّية عالم الفلك «سير جيمس جينز Sir James Jeanes» وعالم الچيوفيزيقا «سير هارولد جيفريز Sir Harold Jeffreys» فى محاولة للتغلب على بعض الاعتراضات التى واجهت فرضية الكويكبات. وقد وافق العالمان وتقبلا فكرة التصادم الذى كاد أن يحدث بين الشمس ونجم آخر، لكنهما اعتقدا أن المواد التى جذبت من الشمس خرجت منها على هيئة خيط أو ذراع طويلة شكلها أشبه بالسيجار وتتكون من غازات شمسية solar gases. ثم انفصل هذا الخيط الغازى إلى وحدات أصغر، تكثفت فى صورة منصهرة، ثم أصبحت فى نهاية الأمر كتلا متصلبة كونت الكواكب. ويرى علماء الفلك أن الخيوط الغازية لا يمكن أن تكون أجساما صلبة مثل كواكبنا؛ لأن هذه الخيوط سوف تتلاشى وتختفى فى الفضاء، فلهذا السبب ولغيره من الأسباب، لم يستمر قبول هذه الفرضية طويلا ولاقت معارضة من معظم العلماء.

• التقدم الحديث فى علم الكون Recent Advances in Cosmology

أدى التقدم الحديث فى علوم الرياضيات والفيزيقا والفلك إلى وجود تصورات حديثة عن أصل النظام الشمسى. وتعد الفرضية

الكهرمغنطيسية Electromagnetic Hypothesis التى وضعها العالم ألفين Alfven عام ١٩٤٢ وفرضية السحابة السديمية Nebular Hypothesis التى وضعها العالم فون فيزاكير Von Weizsacker عام ١٩٤٤ وفرضية نوفا Hypothesis Nova التى افترضها العالم هويل Hoyle عام ١٩٤٥ وكذلك فرضية سحابة الغبار Dust-Cloud التى وضعها العالم ويبل Whipple عام ١٩٤٧؛ كل هذه الفرضيات أدت إلى تقديم تصور جديد معقول عن أصل النظام الشمسى وتكوين المجموعة الشمسية.

٢- عمر الأرض The Age of The Earth

والآن بعد أن تأملنا وتصورنا كيف تكونت الأرض، فلابد لنا أن نعرف متى تكونت. تتردد التقديرات الخاصة بعمر الأرض بين ستة آلاف سنة (كما قدره علماء اللاهوت Theologians) وعشرة آلاف مليون سنة (حسب تقديرات علماء الفلك والفيزيقا) ومع ذلك فإن آخر الأدلة العلمية تدل على أن عمر الأرض أقرب ما يكون إلى ٤٥٠٠ مليون سنة.

كيف لنا أن نعرف ذلك ؟ قبل محاولة الإجابة عن هذا السؤال، لابد لنا أن نعتنى بتفهم مقياس الزمن الچيولوچى geologic time scale، حيث إن ذلك سيساعدنا كثيرا على فهم القدم البالغ لكوكبنا.

٣- العمود الچيولوچى Geologic Column

ومقياس الزمن الچيولوچى Geologic Time Scale

يقصد بالعمود الچيولوچى التتابع الكلى للصخور، من أقدمها إلى أكثرها حداثة، والتى توجد منها فى الأرض كلها أو فى منطقة بعينها. وعلى هذا فإن العمود الچيولوچى لمنطقة معينة يشمل كل أقسام الصخور الموجودة فى تلك المنطقة. وبالرجوع إلى العمود الچيولوچى الذى سبق تعيينه لمنطقة محددة، فإن الچيولوچى عليه أن يعرف أى أنواع الصخور التى يتوقع أن يجدها فى هذه المنطقة المحددة.

ويتكون مقياس الزمن الچيولوچى (شكل١٠٧) من مراحل مسماة من الزمن الچيولوچى ترسبت خلالها الصخور الممثلة فى العمود الچيولوچى. وتحمل

هذه المراحل الزمنية time intervals الأسماء نفسها التى كانت مستخدمة أصلا لتمييز الوحدات الصخرية فى العمود. فمثلا يمكن أن نتحدث عن الدور الأردوفيشى (إذا قصدنا أن نتحدث عن مقياس الزمن الچيولوچى) أو نتحدث عن الصخور الأردوفيشية (إذا قصدنا التحدث عن العمود الچيولوچى).

مقياس الزمن الجيولوجي			
الحقب	الدور	العصر	تتابع الحياة
الكاينوزوى الحياة الحديثة	الدور الرابع صفر - مليون سنة		
	الدور الثالث ٦٢ مليون سنة		
الميزوزوى الحياة المتوسطة	الطباشيرى ٧٢ مليون سنة		
	الجوارسى ٤٦ مليون سنة		
	الترياسى ٤٩ مليون سنة		
الباليوزوى الحياة القديمة	البرمى ٥٠ مليون سنة		
	الكربونى ٦٥ مليون سنة		
	الديفونى ٦٠ مليون سنة		
	السيلورى ٢٠ مليون سنة		
	الأردوفيشى ٧٥ مليون سنة		
	الكمبرى ١٠٠ مليون سنة		
أحقاب ما قبل الكمبرى			?
حقب البروتيروزوى			
حقب الأركيوزوى			
العمر التقريبى للارض يزيد على ٤٥٠٠ مليون سنة			

شكل (١٠٧)

مقياس الزمن الچيولوچى

وقد بنى العمود الچيولوچى ومقياس الزمن الچيولوچى على أساس قاعدة تعاقب الطبقات principle of superposition، وتقضى هذه القاعدة الواضحة والمهمة على أنه «فى أى تتابع صخرى، ما لم يكن قد تعرض لعمليات الانقلاب، يكون الصخر أقدم من كل الصخور التى تعلوه ويكون أحدث من كل الطبقات الصخرية التى توجد تحته، وهذه العلاقة الحقلية للصخور بالإضافة إلى الحفريات (إذا وجدت)، تعطى الچيولوچى بعض الأدلة على العمر النسبى للصخور. والعمر النسبى لا يبيِّن العمر مقدرا بالسنين، لكنه يحدد العمر وعلاقته بحوادث أخرى سجلت فى الصخور. وقد أمكن أخيرا تقدير عمر وحدات صخرية معينة بالسنوات. وهذا النظام لتأريخ الصخور، بنى أساسا على وجود معادن مشعة فى الصخور (سيوصف ذلك فى نهاية هذا الفصل)، وجعل من الممكن استنباط مقياس زمن مطلق يعطينا فكرة عن الفترة الزمنية الهائلة التى مرت على تكوين أقدم الصخور المعروفة. وكذلك استخدمت هذه الطريقة للتأكد من الأعمار النسبية للوحدات الصخرية المختلفة التى كانت قد قدرت من قبل.

• وحدات مقياس الزمن Units of Time-Scale

يعد الحقب Era أكبر وحدة للزمن الچيولوچى، ويقسم كل حقب إلى وحدات زمنية أصغر تسمى الواحدة منها دورا period. ويقسم الدور period من الزمن الچيولوچى إلى عصور epochs تنقسم بدورها إلى وحدات زمنية أصغر هى النسق series والنطق zones ويمكن أن يقارن مقياس الزمن الچيولوچى بالتقويم calendar الذى تقسم السنة فيه إلى أشهر، والأشهر إلى أسابيع، والأسابيع إلى أيام. ومع ذلك فإن مقياس الزمن الچيولوچى يختلف عن السنين، حيث إن وحدات الزمن الچيولوچى غير متساوية فى الطول؛ وعلى ذلك فإن الچيولوچى عند تقديره لعمر نسبى لا يمكنه أن يتأكد من المقدار الدقيق للزمن الذى استغرقته كل وحدة زمنية يدرسها. ومع ذلك فإن مقياس الزمن يستخدم معيارا يمكن بواسطته مناقشة العمر النسبى للصخور والحفريات التى تضمها هذه الصخور. فمثلا، يمكن لنا أن نقرر أن حادثة معينة قد وقعت فى حقب الحياة القديمة أو الباليوزوى Paleozoic Era، بنفس المفهوم الذى نقول به إن شيئا ما قد وقع فى عهد الإصلاح.

ينقسم الزمن الـجيولوچى إلى خـمسة أحـقاب وقد سـمى كل حقب باسم يصف درجـة تطور الحياة المناسبة لهذا الحـقب، مثال ذلك، حقب الحيـاة القديمـة Paleozoic يعنـى الحيـاة (العتيـقة) «ancient-life». وقد سـمى بهذا الاسم نظرا لأن مـرحلة الحيـاة وتطورها فى هذا الحُقْب، كـانت بسـيطة نسبـيا. وفـيمـا يلى الأحقاب الچيولوچية الخمسة والترجمة الحرفية لكل اسم:

كاينوزوى	Cainozoic	حياة حديثة	recent -life
ميزوزوى	Mesozoic	حياة متوسطة	middle - life
باليوزوى	Paleozoic	حياة قديمة	ancient - life
بروتيروزوى	Proterozoic	باكورة الحياة	fore - life
اركيوزوى	Archaeozoic	بداية الحياة	beginning - life

وفى هذه القائمة، وضع أقدم الأحقـاب فى أسفلها، لأن الزمن الچيولوچى الأقدم يوضع دائما فى أسفل ثم يليه إلى أعلى الزمن الأحدث، ولهذا فإن مقياس الزمن الچيولوچى يقرأ دائما من أسفل إلى أعلى.

وتُضَم صخـور الأركيوزوى والبروتيـروزوى فى مجموعة واحـدة فى العادة وتسمى مـا قبل الكمـبرى Pre - Cambrian. ويحتوى السـجل التاريخى للأرض لهـذه الفتـرة الزمنيـة على حـفريات قليلة جـدا، ولهذا فـإن دراسـتـه وتأويله interpretation تعـد من الأمور الصـعبـة. وقد قدر أن حـقب ما قـبل الكمـبرى يستغرق ما يقرب من ٨٥ ٪ من إجمالى الزمن الچيولوچى.

وتقسم أحقاب البـاليوزوى والميزوزوى والكاينوزوى إلى أدوار periods وقد أخذت معظم أسـمـاء هذه الأدوار مـن المناطق التى وصفـت فيهـا صخورها لأول مرة. مثال ذلك صخور الدور الديـفونى، درسـت لأول مـرة فـى منطقة ديفونشاير Devonshire (تتابع الصـخور فى هذه المنطقة المصدر يسـمى القطاع النموذج type section).

وقد قسم حقب الحياة القديمة (الباليوزوى) إلى ستة أدوار six periods من الزمن الچيولوچى. وفيما يلى قائمة بهذه الأدوار الچيولوچية وأساس تسميتها، مرتبة من أسفل إلى أعلى حسب الأقدم:

- البرمى Permian، نسبة إلى إقليم Perm فى روسيا.
- الكربونى Carboniferous، لارتباطها بالنباتات المكونة للفحم.
- الديفونى Devonian، نسبة إلى ديفونشاير.
- السيلورى Silurian، نسبة إلى قبائل سيلورز Silures القديمة فى ويلز Wales.
- الأردوفيشى Ordovicion، نسبة إلى قبائل أردوفيسز Ordovices القديمة فى ويلز Wales.
- الكمبرى Cambrian، نسبة إلى كامبريا *Cambria* وهو الاسم اللاتينى لويلز.

(فى النظام الأميركى، يضع الچيولوچيون الأميركيون دورين هما الميسيسيبى Mississipian والبنسلفانى Pennsylvanian بدلا من الدور الكربونى).

وفيما يلى قائمة بأدوار حقب الحياة المتوسطة ومصادر تسميتها:

- الطباشيرى Cretceous، من كلمة *Creta* اللاتينية ومعناها طباشير.
- الجوراسى Jurassic، نسبة إلى جبال اليورا بين فرنسا وسويسرا.
- الترياسى Triassic، من الكلمة اللاتينية *Trias* معناها ثلاثة.

أما حقب الحياه الحديثة (الكاينوزوى) فينقسم إلى دورين هما:

- الدور الرابع Quaternary Period.
- الدور الثالث Tertiary Period.

واسمـا هذين الدورين هما ما بقى من نظام تقسيمى لم يعـد مستخـدما، كانت تقسم فيه كل صخور العمود الچيولوچى إلى أربع مجموعات.

• وحدات الصخور Units of Rocks

عند رسم خريطـة چيولوچية أو صـورة كاملة لمنطقـة ما أو لحقب مـا، يبدأ الچيولوچى بأصغر الوحدات الصخرية وهى الطبقة bed، وتعرف بأنها أصغر جزء مستـقل ومنفرد من الصخر. وتكوّن الطبقـات المنضمة بعضـها مع بعض النطاقات zones. وتسمى النطاقـات طبقا للحفـريات المميزة التى توجد فـيها، فمـثلا أعلى نطاق مـن الطباشير فى بريطانيا، يسمى نطاق ماكروناتـا Mucronata zone نسبـة إلـى وجـود حـفـريـة بلمنيت فى هـذا النطاق. وهذا الطبـاشـير مـا هو إلا أحـد التكاوين formations الـذى يـوجـد فى نظام الـطبـاشـيـرى Cretaceous system. وتعد المرحلة stage وحدة متوسطة بين النطاق zone والتكوين formation مثال ذلك مرحلة الدانى Danian stage (بالرغم من عدم وجودها فى بريطانيا).

ويتكون النسق series من تكاوين عدة، فـالطباشيـرى العلوى فى بريطانيا يشمل تكوين جولت Gault وتكوين الرمل الأخضر العلوى Upper Greensand، وتكوين الطباشير Chalk.

وغالبا يكون اسم التكوين formation اسما مزدوجا double name ليدل على اسم المكان location ونوع الصـخر rock type؛ مثـال ذلك حـجر جـيرى وينلوك Wenlock Limesrone فى بريطانيـا (من الدور السيلورى)، وهو الحـجر الجيرى الذى يكوّن «حافة وينلوك» فى شروبشاير Shropshire.

٤ - قياس الزمن الچيولوچى Measuring Geologic Time

يستـخدم الچيـولوچيـون طرائق عديدة لتـقدير عمـر الأرض، وقد ثبت أن بعضـا من هذه الطرائق بلا فائدة، أو أنها تعطـى تقديرا تقريبيـا إلى حد كبـير فى أحسن الاحـتمالات. لكن هـناك طرائق أخرى تعطى نتائـج أكثر دقـة مثل الطرق الإشعاعية.

• ملوحة البحار Salinity of the Sea

من المحتمل أن المحيطات كانت أصلا مياها عذبة، لكنها أصبحت مِلْحَة بعد ذوبان الأملاح من التربة التى حملتها الأنهار إلى البحار. وتشير التقديرات التى أجريت لحساب عمر الأرض على أساس نسبة الملوحة الحالية فى البحار، إلى أن ملوحة البحار الحالية استلزمت فترة زمنية قدرها ١٠٠ مليون سنة. لكن هذا التقدير يعد غير واقعى نظرا لأن كثيرا من الملح قد دخل ضمن دورات ترسيبية عديدة، هذا بالإضافة إلى وجود مشاكل أخرى أثبتت أن هذه الطريقة لا يعتمد عليها.

• معدل الترسيب Rate of Sedimentation

كانت هناك فكرة تقول إنه لو أمكننا معرفة المدة الزمنية التى استغرقتها ترسيب كل طبقات الصخور فى القشرة الأرضية، لأمكننا معرفة عمر الأرض. وتجرى هذه الطريقة بقياس سمك الطبقات وضرب هذه الأرقام فى المعدل المفترض أنها تترسب به. وتشير التقديرات الناتجة عن تطبيق هذه الطريقة إلى أن عمر الأرض يتردد بين مئة مليون وستمئة مليون سنة؛ لكنه نظرا للتباين الهائل فى معدلات الترسيب والتحات، فقد ثبت أن هذه الطريقة ليست لها قيمة علمية.

• الطرق الإشعاعية Radioactive Methods

هذه أحدث الطرق وأكثرها دقة. فهناك عناصر مشعة معينة، وبالأخص اليورانيوم uranium يحدث له تحطُّم تلقائى spontaneous disintigration بمعدل ثابت لا يتأثر بالتغير فى درجات الحرارة أو الضغط أو أية عوامل طبيعية أخرى. وينطلق الهليوم Helium عند تحطم المعدن وتتكون سلسلة عناصر جديدة، تنتهى بتكوين عنصر الرصاص وهو آخر عنصر يتكون فى هذه السلسلة. وبحساب النسبة بين كمية الرصاص والكمية المتبقية من اليورانيوم فى الصخر، يمكن لنا أن نعين عمر المعدن المشع المحتوى على اليورانيوم فى الصخر.

وتقتصر هذه الطريقة بالطبع على الصخور التى تحتوى على معادن مشعة. وهناك طرق أخرى شبيهة، تعتمد على معدل اضمحلال decay عنصر الروبيديوم Rubidium وتحوله إلى الاسترونشيوم Strontium واضمحلال

البوتاسيوم Potassium وتحوله إلى أرجون Argon . وتعطى هذه الطرق نتائج دقيقة تقريبا . وقـد أظهرت هذه الطرق لتقدير عمر الأرض أن عـمرها ٤٥٠٠ مليون سنة تقريبا .

• طريقة الكربون - ١٤ The Carbon- 14 Method

تعـد هذه الطريقة من الطرائق الناجحة لتأريخ الأجسام التى يقل عمرها عن ٤٠ ألف سنة . وباختـصار، فإن هذه الطريقة تعـتمد على حقيـقة أن كل الكائنات الحية تحـتوى على نسبـة ثابتة من الكربون - ١٤، وهو صورة مشـعة من الكربون الذى وزنه الذرى ١٤ بدلا من الكربون ذى الوزن الذرى المعتـاد وهو ١٢ . وعندما يموت الكائن الحى، يـفقد الكربون - ١٤ نتـيجة للاضـمحلال الإشـعاعى الذى يتقـدم بمعدل مـعلوم . وهذا المعدل مـعناه أن نصف كمـية الكربون - ١٤ تتـحطم وتضمـحل بعد مرور ٥,٥٦٨ سنة . ومن الممكن تعـيين العمـر التقريبى لعـينة ما بمقارنة كمية الكربون - ١٤ المتبقـية بها بكمية الكربون - ١٤ الموجـودة فـى معظـم الكائنـات الحـية . وتـعد هذه الطريقـة ناجـحة جـدا فى تأريخ المواد الچـيولوچيـة والأثرية .

الفصل الخامس عشر

سجل الصخور

THE RECORD OF THE ROCKS

كيف يعرف المؤرخ الچيولوچى ماذا حدث لكوكبه من ملايين السنين أو ربما منذ آلاف الملايين من السنين التى مضت ؟ إنه يتعلم ذلك من دراسته لسجل الصخور، وهذا السجل يدل على أن الأرض وسكانها قد تعرضوا لتغيرات كثيرة خلال الحياة الطويلة الممتدة لكوكب الأرض. ومن أى شىء يتكون هذا السجل ؟ وما هى الطرق المستخدمة فى تفسير هذا السجل ؟ هذه هى بعض الأسئلة التى سنتناولها بالدرس فى هذا الفصل.

١- مفاتيح للماضى Keys to the Past

نعتقد الآن أن عمر الأرض يقدر بحوالى ٤٥٠٠ مليون سنة على الأقل. وهناك أدلة تشير إلى أن الحياة قد وجدت على كوكب الأرض لمدة تقرب من ثلاثة آلاف مليون سنة . وبالإضافة إلى ذلك فهناك أدلة كثيرة تؤيد أن الملامح الفيزيقية للأرض لم تكن دائما مشابهة لملامحها الحالية، ومثال ذلك، الجبال الحالية التى تحتل أماكن بحار قديمة، والفحم الذى يستخرج من مناجم كانت فى الماضى ومنذ ملايين السنين مستنقعات. كذلك تعرضت النباتات والحيوانات لتغيرات هائلة. وهذا الاتجاه فى التغير العضوى - بصفة عامة - يتجه نحو أشكال متقدمة من الحياة وأكثر تعقيدا، ومع ذلك فهناك أشكال للحياة ظلت كما هى بدون تغير، بينما انقرضت أشكال أخرى.

ولتفسير تاريخ الأرض وتوضيحه، يجب على الچيولوچى أن يدرس الصخور ويجمع الأدلة التى تدل على التغيرات الكبيرة فى الجغرافيا والمناخ

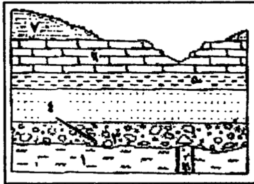
والحيـاة، التى حدثت فى الماضى الچيولوچى. وللقيام بهذا العمل، استحدثت طرائق عديدة متطورة أو مبادئ تفيد كمفاتيح للأحداث المهمة لأزمنة ما قبل التاريخ.

• مبدأ الوتيرة الواحدة the Doctrine of Uniformitarianism

ينص هذا المبدأ الچيولوچى المهم على أن العمليات الچيولوچية التى حدثت فى الماضى تمت بالطريقة نفسها وبالمعدل نفسه الذى تحدث به العمليات الچيولوچية الحالية؛ وبعبارة أخرى «الحاضر هو مفتاح الماضى». وهذا يعنى فى الحقيقة أن ملامح الأرض الحالية قد تكونت نتيجة للعمليات الحالية التى تؤثر فى الأرض لمدد طويلة من الزمن.

• قانون تعاقب الطبقات Law of Superposition

فى أى تتابع غير مضطرب من الصخور الرسوبية، تكون الصخور الموجودة فى أسفل هذا التتابع أقدم من الصخور التى توجد أعلاها (شكل ١٠٨) هذا المبدأ الچيولوچى الهام الذى يسمى قانون تعاقب الطبقات، يعد أساسا لفهم التاريخ الچيولوچى. وإذا كانت الصخور قد حدث لها اضطراب فى الترتيب disturbance، فيكون من الضرورى إذن أن نحدد الأسطح العليا والسفلى للطبقات ليتسنى لنا ترتيبها حسب تتابعها الأصلى.



شكل (١٠٨)

قطاع چيولوچى يوضح قانون تعاقب الطبقات

الطبقة رقم (١) صخور متحولة حدثت لها عملية تحات وهى أقدم الطبقات؛ يفصلها عن الطبقة رقم (٣) لا توافق (الأسهم) وتتابع الطبقات حتى الطبقة رقم (٧) وهى أحدث الطبقات.

• العمر النسبى للصخور النارية Relative Age of Igneous Rocks

الصخور النابطة extrusive rocks، مثل الطفوح البركانية lava flow لا شك فى أنها أحدث من الصخور التى تستقر فوقها، أما الصخور المتدخلة

intrusive rocks مــثل الجــدد القــاطعــة dykes، والســـدود sills، وكـــتل الباثوليث batholiths فهى أحدث من الصخـور التى تتدخل أو تحقن injected فى داخلها . وعلى هذا الأساس فإن الجدة القاطعة المرقمة «٢» فى شكل ١٠٨ أحدث من الطبقـة رقم «١»، لكنها أقدم من الطبقة رقم «٣».

• قانون التتابع الفونى Law of Faunal Succession

ينص هذا القـانون على أن الفونات الحـفريـة fossil faunas (مجمـوعات الحيوانات التى عاشت مـعا فى الزمن الجيولوجى نفسه والمكان نفسه) يتـبع بعضها البـعض فى نظـام مـحـدد ومـعـين. هذه الفـونات مميـزة لكـل جـزء من تاريـخ الأرض. وبمقارنتـهـا بعضها ببـعض يستطيع الجيولوجى أن يتـعرف على الرواسب التى لها العمر الجـيولوجى نفسه. مثل هذا التتابع يعنى أن الصـخور الأقدم يُتوقع أن نجد فيـها بقايا الكائنات الأكـثر بدائية، بينما البـقايا التى تدل على حيـاة أكثر تطورا وتقدما، توجد عادة فى الصخور الأحدث.

• المضاهاة Correlation

المضاهاة هى عـملية لتحديد الأعـمار النسـبية لصخور منكشـفة فى مناطق مخـتلفة (أو من عينات لصـخور من آبار مخـتلفة). وهى من الطرائق المهـمة التى يستخدمـها الجيولوجى. وتعد المضاهاة من التقنيـات المفيدة، نظرا لأننا لا نجد فى منطقة واحدة قطاعا صخريا يشـتمل على السجل الكامل لكل الزمن الجيولوجى. لكنه نظرا لأن عملية الترسيب كانت دائما مستمرة فى مكان ما أو آخر، يصبح فى مقدورنا أن نـضاهى مكاشف منتشرة فى أمـاكن كثيرة ونجـمِّع منها سجلا مـركبا composite record للزمن الجيولوجى كله.

وبالرغم من وجـود طرائق متـعددة لـلمضـاهاة، إلا أن أكثـر هذه الطرائق استخداما وشيوعا هى:

أ - استمرارية المكاشف Continuity of Outcrops

الطبقات الصخرية المستمرة والتى يمـكن تتبعها دون أن يلاحظ فيها انقطاع، هى الأسهل فى عـملية المضاهـاة. وهذه الطريقة ذات استـعمال مـحدد فى المناطق الصغيرة نسبيا.

ب - التشابه الليثولوجى Lithologic Similarity

تكون بعض التكاوين متسقة فى صفاتها الصخرية، وقد يُستخدم هذا التجانس أو الاتساق فى تتبع التكوين من مكان لآخر وتستخدم هذه الطريقة بحذر، إذ إن بعض الوحدات الصخرية قد تعتريها بعض التغيرات فى النسيج الصخرى أو التركيب من مكشف لآخر . وعلى النقيض من ذلك، فإن بعض التكاوين قد تتميز بوجود بعض الصفات المميزة مثل نمط من التجوية غير عادى، أو تشكيلة مميزة من المعادن أو وجود درنات صخرية غريبة.

جـ - تشابه التتابع Similarity of Sequence

يقوم الچيولوچى بعملية المضاهاة غالبا، بمقارنة الأوضاع التى تظهر فيها طبقات معينة فى قطاعات رأسية بينها مسافات كبيرة. مثال ذلك، لو كان هناك حجر رملى أحمر ومعروف أنه يوجد عادة بين صخر كونجلوميرات غليظ التحبب جدا وطفلة سوداء، هذا التتابع يكون التعرف عليه سهلا ويمكن تمييزه بوضوح فى الحقل. ويمكن استخدام ظواهر عدم التوافق unconformity إن وجدت - بطريقة مماثلة (انظر فيما بعد).

د - تشابه الحفريات Similarity of Fossils

إذا كانت الصخور تحتوى على حفريات، فإنها تكون بالغة الأهمية فى أغراض المضاهاة. والحفريات التى لها مدى رأسى محدود لكن لها انتشارا جغرافيا واسعا تكون مفيدة بشكل خاص.

وتسمى حفريات مرشدة guide fossils، أو حفريات دليلية index fossils وفى نهاية هذا الفصل توجد مناقشة عن عملية المضاهاة باستخدام الحفريات.

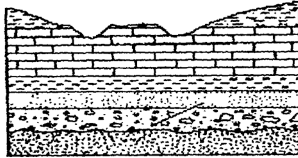
• اللاتوافق Unconformities

توجد فى أماكن كثيرة من السجل الچيولوچى أدلة على عمليات رفع للقشرة الأرضية، تكون متبوعة بفترات طويلة من عمليات التحات أو عدم الترسيب، مثل

هذا الانقطاع أو الفجوة فى السجل الچيولوچى تسمى لاتوافق. ويميز الچيولوچيون ثلاثة أنواع من اللاتوافق هى:

• اللاتوافق التخالفى Nonconformity

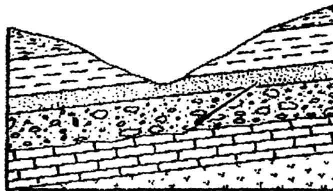
يتكون هذا النوع من اللاتوافق عندما تقع صخور رسوبية متطبقة فوق سطح تحات لصخور نارية (شكل ١٠٩).



شكل (١٠٩)
لاتوافق تخالفى

• اللاتوافق الانقطاعى Disconformity

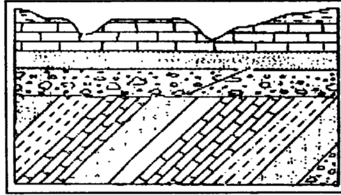
فى هذا النـوع من اللاتوافق، تكـون الصـخـور التى فـوق وتحت سطح اللاتوافق متوازية (شكل ١١٠).



شكل (١١٠)
عدم توافق انقطاعى

• لاتوافق زاوى Angular Unconformity

فى هذا النوع من اللاتـوافق، وهو أكثـر أنواع اللاتوافق وضـوحـا، تكون الطبقات التى فوق سطح اللاتوافق غير موازية للطبقات التى تحته (شكل ١١١).

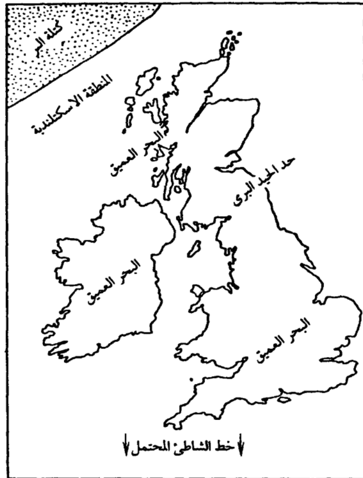


شكل (١١١)
عدم توافق زاوىّ

ويدل هذا النوع من اللاتوافق على أن نـسق الطبقـات الذى يقع تحت سطح اللاتوافق قد مـالت طبقاته أو طويت قبل أن تتـعرّض للتحات والتـرسيب اللاحق للطبقات التى فوقها.

• الجغرافيا القديمة Paleogeography

يختص هذا الفرع من الچيـولوچيا التاريخية بتوزيع البحار القـديمة واليابسة القديمة، وعـلاقـات كل منهما بالأخرى ・ ويمكن اسـتنباط الجغرافيـا القديمة من حلال دراسة الصخـور الـرسوبيـة لعمر معين وتأويلهـا・ وإذا كانت هذه الصخور تحتوى على حـفريات مرشدة فإن ذلك يفيد كـثيرا فى استنباط الظروف الجـغرافية القديمة. مثال ذلك: لو كانت هناك منطقة معينة توجـد فيها صخور رسوبية تحتوى على حفريات بحـرية عمرها من الدور الطباشيـرى المتأخر Late Cretaceos فهذا يدل على أن هذه المنطقة كانت مغمورة بالبـحر فى نهاية الدور الطباشيرى. وتوضح الخريطة الموجودة فى (شكـل ١١٢) الملامـح الجغرافية القديمـة بعد أن أمكن إعادة تجميعها من الدراسات الچيولوچية.



شكل (١١٢)
خريطة باليوجغرافية توضح امتداد البر (المنقطة) والبحار خلال الدور الكمبرى

٢ - الحفريات: سجل الحياة على الأرض

Fossils : The Record of Lif on Earth

الباليونتولوچيا (علم الحفريات) هو علم يختص بدراسة بقايا النباتات وبقايا الحيوانات، وقد قدم لنا معلومات كثيرة للتعرف على حياة ما قبل التاريخ prehistoric life. ونظرا لأن علم الحفريات يختص بسجل الحياة فهو يرتبط ارتباطا وثيقا بالبيولوچيا biology (علم الحياة).

ويعتمد الباليتولوجى paleontologist فى دراسته للحفريات على مذهب الوتيرة الواحدة (الاطرادية) uniformitarianism، الذى ينص على أن الحاضرهو مفتاح الماضى. ونظرا للمدى الهائل للزمن الجيولوچى، فإننا لسنا دائما متأكدين من الظروف البيئية للنباتات والحيوانات التى انقرضت. ومع ذلك فإننا حين نكتشف مجموعة من الحفريات تتشابه أفرادها تماما مع أفراد مجموعة لا تزال

موجودة للآن، فلا بأس من أن نستنتج أن الكائنات الحية التى تمثلها المجموعة الحفرية، كانت تعيش فى ظروف مشابهة لتلك التى تعيش فيها المجموعة الحالية.

٣- أقسام علم الحفريات Divisions of paleontology

تمثل الحفريات بقايا مجموعات متنوعة من الكائنات الحية، ولهذا يقسم علم الحفريات إلى أربعة أقسام أساسية هى:

- **علم النبات القديم Paleobotany**

يختص بدراسة النباتات المتحفرة وكذلك التغيرات التى طرأت عليها.

- **علم الحفريات اللافقارية Invertebrate Paleontology**

يختص بدراسة الحفريات التى ليس لها عمود فقرى، وتشمل حفريات هذا القسم على الحيوانات الأولية protozoa (حيوانات دقيقة وحيدة الخلية one- celled) والترايلوبيتات trilobites، وقنافذ البحر echinoids، والرخويات molluscs، والمسرجانيات brachiopods وهى تمثل بقايا الحيوانات التى عاشت فى بحار ما قبل التاريخ.

- **علم الحفريات الفقارية Vertebrate Paleontology**

يختص بدراسة الحيوانات القديمة التى لها عمود فقرى spinal column وتشمل بقايا الأسماك fish والبرمائيات amphibians والزواحف reptiles والطيور birds والثدييات mammals.

- **علم الحفريات الدقيقة Micropaleontology**

يختص بدراسة الحفريات الصغيرة جدا والتى تفحص تحت الميكروسكوب، وتسمى هذه البقايا الصغيرة «الحفريات الدقيقة microfossils». وتوجد فى العادة فى صورة أصداف shells أو أجزاء من نباتات دقيقة minute plants أو حيوانات دقيقة جدا. وتعد الحفريات الدقيقة ذات قيمة خاصة عند چيولوچى البترول petroleum geologist الذى يستخدمها فى التعرف على التكاوين الصخرية التى توجد تحت سطح الأرض وعلى مسافات تقدر بآلاف الأقدام.

٤ - كيف تكونت الحفريات؟ How Fossils Are Formed

لاحظ هيرودوت Herodotus عام ٤٥٠ قبل الميلاد، وجود حفريات بحرية في الصحراء المصرية، واستنتج، وكان على حق، أن البحر الأبيض المتوسط كان ممتدا إلى تلك المنطقة في زمان ما. وخلال عصور الظلام Dark Ages، اعتبرت الحفريات ضربا من المسوخ الطبيعية freaks of nature أو منتجات شيطانية devices of devils وضعت في الصخور لتضليل الإنسان وإيقاعه في الحيرة. هذه الاعتقادات الخاطئة ظلت سائدة وأعاقت تطور علم الحفريات لقرون عديدة، ولكن خلال المئة عام الأخيرة، تقبل العلماء بلا جدال حقيقة أن الحفريات هي بقايا لحياة قديمة، وزادت أهميتها بصورة متزايدة بالنسبة للچيولوچيين. وتوجد غالبية الحفريات في الصخور الرسوبية البحرية، التي تكونت حينما كانت رواسب البحار الملحة مثل الجير lime، والطين mud والرمل sand أو طبقات من الأصداف shell beds قد تضاغطت والتحمت مكوناتها بعضها مع بعض لتكون صخورا rocks. ونادرا جدا ما توجد الحفريات fossils في صخور نارية أو متحولة.

وحتى في الصخور الرسوبية، فإن جزءا بسيطا من نباتات ما قبل التاريخ وحيواناته قد تركت سجلات قليلة كدليل على وجودها. وليس هذا صعبا على الفهم إذا كنا ندرك المستلزمات الصعبة اللازمة لحدوث عملية التحفر.

• مستلزمات التحفر Requirements of Fossilization

توجد عوامل كثيرة تحدد في نهاية الأمر إمكان تحفر كائن حي من عدمه، لكنه توجد ثلاثة متطلبات أساسية لكي تتم عملية التحفر وهي:

أ - لا بد أن يكون للكائن الحي أجزاء صلبة؛ قد تكون صدفة shell أو أسنان teeth أو عظاما bones أو حتى النسيج الخشبي للنباتات woody tissue. ومع ذلك فقد تتحفر كائنات حية رقيقة ضعيفة مثل السمك الهلامي (قنديل البحر) jellyfish أو حتى الحشرات insects، وذلك حين تتوافر الظروف المواتية لحفظها.

ب - لا بد أن تنجو بقايا الكائن الحي بعد موته من عوامل التدمير، فإذا تعرض جسم الكائن إلى السحق بعد موته أو إلى التحلل، أو تأثر

بعمليات التجـوية أو غيرها من العوامل، فإنه يتحطم كلـية ولا يتبقى منه شيئا ليـتحفر مما يؤدى إلى عدم حفظ هذا الكائن الحـى كحفرية، ومن ثم غيابه من السجل الچيولوچى.

جـ - لا بد أن يدفن الكائن الحى بعد موته بسرعـة فى مواد لها القدرة على تأخير عملية التحلل. ويتوقف نوع هذه المواد التى يدفن فيها الكائن الحى، على المكان الذى يدفن فيه. ومـن أكثـر الحفريات شيوعا هى بقايا الكائنات البحرية، حـيث إنها تتراكم على قاع المحيط بعـد موتها ثم تغطى بالطين الدقـيق التـحبب الذى يـتصلب طفلـةً وأحجـارا جـيرية فـى العصـور الچيـولوچية التى تلت ذلك. ويلاحظ أن فـرصة الحفـظ تكون أفضل إذا دفن الكائن بعد مـوته فى رواسب دقيقـة التحبب. وهناك أنواع مـعينة من الأحجار الجيـرية الدقيقة التحبب من الدور الجـوراسى فى ألمانيا، وجدت فيها حفريات حفظت حفظا جيدا، بالرغم من أنها كانت عينات رقيقة من بقايا الطيور والحشرات والأسماك الهلامية (قناديل البحر).

ويغطى الرماد المتساقط من البراكين، غـابات بأكملها تكون قريبة من هذه البراكين (كمـا يلاحظ ذلك فى مدينة بومبى Pompeii فى إيطاليا). وقد وجدت الغابات المتحجرة (المتحفرة) على هيـئة أشجار قائمة وعلى درجة ممتازة من الحفظ، ومن الأمثلة الشهيرة على الأشجـار المتـحفـرة ما يمكن مشاهدته فى المتنزه القومى فى «يلوستون» Yellowstone National Park فى الولايات المتحدة الأميركية.

وتوجد الغـابات المتحفـرة فى بريطانيا فى دورست Dorset وفى جلاسجو فى أسكتلندا. ومعظم الأشجار المتحفرة وبخاصة تلك الموجودة فى خلجان سوانسى bays of Swansea قد حفظت بطريقة التحجر Petrification، وسوف يأتى وصف هذه العملية فيما بعد. كذلك فإن الرمال المتحركة quicksand والقار tar، يعدان من عوامل الدفن السريع للكائنات المتحـفرة. ويعمل القار كمصيدة لـلإمساك بالحيوان، كـذلك يعمل كـمانع للتـحلل antiseptic فـيؤخـر عمليـة تحلل الأجزاء الصلبـة للحيوان.

ومن أشهر أنواع بحيرات القار التى عثر فيها على أعداد هائلة من عظام حيوانات ما قبل التاريخ، تلك الموجودة فى لوس أنجلوس Los Angeles بكاليفورنيا California، والتى تسمى بانكولابريا Bancho La Brea. وتشمل العظام المستخرجة من القار، النمر المسيف الأسنان sabre- toothed tiger، وحيوان الكسلان الأرضى العملاق giant ground sloths، وحيوانات أخرى منقرضة. وبالنسبة لبقايا الحيوانات التى كانت تعيش أثناء العصور الجليدية Ice Ages، فقد حفظت فى الجليد أو الأديم المتجمد frozen ground؛ وبعض من هذه الحيوانات وبخاصة الماموث mammoth الذى حفظ بأكمله، لا تزال سليمة وكاملة بدرجة ملحوظة حتى الآن.

٥- ثغرات فى السجل الحفرى Gaps in the Fossil Record

بالرغم من العدد الذى لا يحصى من الكائنات التى عاشت على كوكب الأرض فى عصوره الماضية، إلا أن جزءا بسيطا فقط هو الذى ترك وراءه أى سجل يدل على وجوده. وبالرغم من توافر المتطلبات الأساسية لحدوث عملية التحفر، إلا أن هناك أسبابا أخرى تمنع تحفر بعض الكائنات؛ فعلى سبيل المثال، تؤدى عملية التحات إلى تحطيم عدد كبير من الحفريات، أو أن تكون المياه الجوفية قد أثرت على الأجزاء الصلبة للحيوان فأذابتها. وهناك كائنات دفنت فى صخور تعرضت فيما بعد لتغيرات فيزيقية كبرى، والحفريات التى يعثر عليها فى هذا النوع من الصخور تكون مهشمة بصورة يستحيل تعرفها. كذلك هناك الكثير من الصخور الحاوية على الحفريات لا يمكن دراستها، إذا إنها قد تكون مغطاة بالماء أو طبقات سميكة من الصخور الرسوبية. وهناك صخور بها حفريات توجد فى أماكن لا يتيسر الوصول إليها لوعورة المكان الشديدة أو لظروف جغرافية أخرى - هذه المشاكل وغيرها تواجه الچيولوچى عند محاولته وصف بقايا نباتات أو حيوانات كانت تعيش فى الماضى.

تزداد ثغرات السجل الحفرى عددا وتصبح أكثر وضوحا فى الصخور الأقدم للقشرة الأرضية. ويفسر ذلك بأنه كلما كانت الصخور أقدم، كانت هناك فرص أكبر لتعرضها للتغيرات الفيزيقية والكيميائية أو لزوالها تماما نتيجة لعمليات التحات.

٦- الأنواع المختلفة للبقايا الحفرية

Different Kinds of Fossil Remains

تقسم الحفريات إلى أربعة أقسام على أساس تركيب البقايا أو التغيرات التى تعرضت لها منذ دفنها.

• الأجزاء الرخوة الأصلية للكائن الحى Original Soft Parts of Organisms

لكى يحفظ الجزء الرخو للكائن الحى، فلا بد أن يدفن فى وسط يساعد على تأخير عملية التحلل. وفى هذا النوع من التحفر يكون الوسط المناسب هو التربة المتجمدة frozen soil أو الجليد أو التربة المشبعة بالنفط وكذلك الكهرمان amber (وهو راتينج متحفر fossil resin). ومن الممكن أن تحفظ البقايا بعملية التجفيف desiccation حيث تؤدى هذه العملية إلى تحول الكائن إلى مومياء طبيعية natural Mummy، وتحدث هذه العملية عادة فى المناطق القاحلة والصحراوية أو فى الأماكن التى تنجو فيها البقايا من الحيوانات المفترسة أو الحيوانات القمّامة.

ومن أحسن الأمثلة للأجزاء الرخوة التى حفظت لحيوانات منذ أزمنة ما قبل التاريخ، تلك التى اكتشفت فى ألاسكا Alaska وسيبيريا Siberia. فقد وجدت بقايا أعداد كثيرة من الماموث mammoth حفظت كاملة فى صحراء التندرا tundra القطبية. ويعد الماموث من الحيوانات المنقرضة التى تشبه الأفيال. وقد دفنت أجسام هذه الحيوانات العملاقة لمدة زمنية تزيد على ٢٥ ألف سنة، وانكشفت عندما بدأت الأرض المتجمدة فى الانصهار. وقد حفظت بعض هذه الجثث العملاقة بشكل جيد جدا لدرجة أن لحمها مازال طريا صالحا للأكل، وقد بيعت أنيابها لتجار العاج ivory traders. واكتشفت الأجزاء الرخوة المتحفرة فى التربة المشبعة بالنفط فى شرق بولندا Poland، حيث عثر على قرن الأنف nose - horn والقدم الأمامية foreleg وأجزاء من الجلد لحيوان وحيد القرن rhinoceros المنقرض فى هذه الرواسب. وقد عثر على الموميات الطبيعية لحيوان الكسلان الأرضى ground sloth فى المغارات والفوهات البركانية فى نيومكسيكو وأريزونا، حيث ساعدت

الظروف المناخية القاحلة جدا على جفاف dehydration الأجزاء الرخوة قبل أن تبدأ فى التحلل، وقد عثر على عينات من أجزاء الجلد الأصلى والشعر والأسنان والمخالب.

وهناك نوع شائق من التحفر، وهو الحفظ فى الكهرمان amber، وقد حدث هذا النوع من الحفظ حينما اصطيدت الحشرات القديمة فى الصمغ اللزج الذى كانت تفرزه أشجار صنوبرية معينة. وبمرور الزمن تصلب هذا الصمغ تاركا الحشرة محبوسة فى مقبرة من الكهرمان. وبعض من هذه الحشرات والعناكب محفوظ حفظا جيدا لدرجة أن شعر الحشرة والنسيج العضلى يمكن فحصه تحت الميكروسكوب. وبالرغم من أن حفظ الجزء الرخو للكائن الحى قد خلَّف بعض الحفريات المهمة والمبهرة، ألا أن هذا النوع نادر نسبيا، ويرى الجيولوچيون أنه لامحيص من دراسة البقايا التى حفظت فى الصخور .

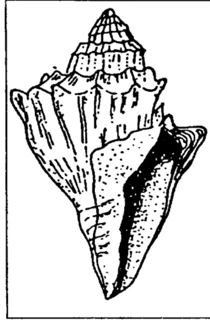
• الأجزاء الصلبة الأصلية للكائنات الحية Original Hard Parts of Organisms

معظم النباتات والحيوانات لها الأجزاء الصلبة التى يمكن أن تتحفر. وقد تكون هذه الأجزاء الصلبة مواد صدفة محارة، أويستر oyster، أو قوقعة snail، أو أسنان أو عظام حيوانات فقارية، أو الهيكل الخارجى exoskeleton لسرطان البحر crab أو النسيج الخشبى للنباتات.

وتتكون هذه الأجزاء الصلبة من مواد مختلفة لها القدرة على مقاومة التجوية والتأثيرات الكيميائية. وهذا النوع من الحفريات هو أكثر الحفريات شيوعا نسبيا.

• البقايا الجيرية Calcareous Remains

يشيع وجود الأجزاء الصلبة المكونة من الكالسيت (كربونات الكالسيوم) فى اللافقاريات، مثل المحارات clams والقواقع snails والمراجين corals، وقد حفظ الكثير من هذه الأصداف دون أن يطرأ عليها أى تغير فيزيقى، (انظر شكل ١١٣).



شكل (١١٣)
صدفة حضرية مكونة من كربونات الكالسيوم

• البقايا الفوسفاتية Phosphatic Remains

تحتوى عظام وأسنان الفقاريات وكذلك الهيكل الخارجى لكثير من اللافقاريات على كمية كبيرة من فوسفات الكالسيوم . وتتميز هذه المادة بأنها مقاومة للتجوية، ولهذا فإن البقايا الفوسفاتية توجد فى حالة ممتازة من الحفظ.

• البقايا السيليسية Siliceous Remains

يوجد الكثير من الكائنات الحية التى تتكون عناصر هياكلها من السليكا (ثانى أكسيد السليكون) وقد حفظت دون أن تطرأ عليها أية تغييرات ملحوظة. وقد تحفرت بهذه الطريقة الأجزاء الصلبة لكثير من الكائنات الحية الدقيقة (المجهرية) وبعض أنواع الإسفنج sponge.

• البقايا الكيتينية Chitinous Remains

تتكون الصدفة الخارجية لبعض الحيوانات من الكيتين؛ وهى مادة تشبه فى تركيبها أظافر الأصابع. وتحفظ الهياكل الخارجية exoskeletons الكيتينية المتحفرة للمفصليات arthopods على هيئة غشاء film من الكربون بسبب تركيبها الكيميائى وطريقة دفنها.

•الأجزاء الصلبة المتغيرة للكائنات الحية Altered Hard Parts of Organisms

تتـعرض الأجزاء الـصلبة الأصليـة للكائن الحى إلى تغـيرات كبـيرة بـعد دفنها. وتتم هذه التغيـرات بطرق كثيرة، غير أن التركيب الكيـميائى للجزء الصلب هو الذى يحدد طريقة الـتغير وكذلك المكان الذى يعـيش الحيوان فيه. وفـيما يلى وصف لأكثـر العمليات شيـوعا فى حدوث عمليـة تغير الأجزاء الصلبـة الأصلية للكائن الحى بعد دفنه:

•التكربن (التفحم) Carbonization

تسمى هذه العملية أيضا بعملية التقطير distillation، وتحدث عندما تتحلل المواد العضوية ببطء بعـد دفنها. وأثناء عملية تحللها، تفقـد المادة العضوية الغازات والسوائل بالتـدريج، وتترك غـشاء رقيـقا فقط يتـركب من مادة كربـونية. ويتكون الفحم بمـثـل هذه الطريقة، كـذلك فإن الحفـريات النباتيـة المتكربنة carbonized piant fossils يشيع وجـودها فى رواسب الفحم. بالإضـافـة إلى ذلك، هناك نوع غير عـادى من طرق حفظ الأسمـاك والجرابتوليتـات والزواحف تمَّ نتيجة لعـملية التكربن.

•التحجر Petrifaction or Permineralization

تكونت أعداد كبـيرة من الحفريـات نتـيجـة لعمليـة التحـجر (المعنى الحرفى لكلمة تحجر هو التحول إلى حـجر). ويتم هذا النوع من الحفظ حينما ترشح المياه الجوفية الحاملة للمعادن فى مسام العظـام والأصداف أو المواد النباتية، وترسب المياه الجوفـية محتـواها المعدنى فى مسام الأجـزاء الصلبة، وبالتالى تجـعل هذه الأجراء الصلبة أكثـر كثافة وأكـثر مقاومة للتـجوية. ومن أكثر المعـادن التى تـترسـب بهذه الطريقة الكالسيت والسليكا ومركبات حديدية عديدة.

•الإحلال أو التمعدن Replacement or Mineralization

يحـدث هذا النوع من الحفظ عـندما تذيب الميـاه الجـوفيـة الأجزاء الصلبـة الأصلية للكائن الحى وتكتسحها معها، ويصحب تلك العملية ترسيب متزامن لمواد أخرى فى الفـراغات الناتجة. وقـد تؤدى عملية الإحـلال المعدنى إلى تهـشم البنية

الأصلية للحفريات التى حدثت لها عملية الإحلال. وقد تتم عملية الحفظ لكل التفاصيل الدقيقة للبنية الأصلية كما هو الحال فى جذوع بعض الأشجار التى حدثت لها عملية سيلكة silicification

وبالرغم من وجود أكثر من ٥٠ معدنا سجلت كمعادن لها القدرة على الإحلال فى البنية العضوية الأصلية، إلا أن أكثر هذه المعادن شيوعا هى الكالسيت والدولوميت (كربونات الكالسيوم والمغنسيوم) والسليكا ومركبات معينة للحديد.

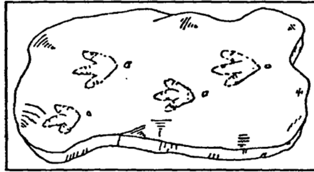
• آثار الكائنات الحية Traces of Life Organisms

لا تتكون الحفريات من البقايا الفعلية للنباتات أو الحيوانات فحسب، بل قد تكون آثارا أو أدلة تدل على سابق وجودها. وبالرغم من أن هذه الآثار لا تُظْهر دليلا مباشرا على وجود الكائن الأصلى، إلا أن هناك أحيانا الأدلة على وجود نباتات أو حيوانات قديمة فى الماضى. مثل هذا النوع من الحفريات قد يعطى معلومات تفيد فى التعرف على صفات الحيوان الذى ترك هذا الأثر الحفرى.

• القالب والصبة Mould and Cast

يوجد الكثير من العظام والأصداف، وأوراق الأشجار، وأشكال أخرى من المواد العضوية كحفريات محفوظة على هيئة قوالب moulds أو صبّات casts، فإذا ضغطت الحفرية فى قاع المحيط قبل أن تتصلب رواسب القاع إلى صخر، فقد تترك الحفرية طابعا للجانب الخارجى من الصدفة ويعرف هذا باسم القالب mould. وإذا ملئ هذا القالب فى مرحلة تالية بمادة أخرى، نتج عن ذلك ما يسمى صبّة cast. والصبة المتكونة بهذه الطريقة سوف تظهر الملامح الخارجية الأصلية للصدفة، وتسمى هذه الأشياء باسم القوالب الخارجية external moulds إذا كانت تظهر الملامح الخارجية للجزء الصلب، وتسمى قوالب داخلية internal moulds إذا كانت تبدى طبيعة الجزء الداخلى. وتتكون القوالب والصبات فى معظم الصخور التى تحتوى على حفريات. وبمثل هذه الطريقة تحفظ القواقع والأسماك الصدفية حتى ولو كانت أصدافها مكونة من معادن سهلة الذوبان نسبيا، وغالبا ما تتحطم وتتلاشى مادة الصدفة الأصلية فى هذا النوع من طرق الحفظ.

يترك كثير من الحيوانات سجلا يدل على حركتها فوق أرض جافة أو على قاع البحر، مثل آثار الأقدام (شكل ١١٤) التى تدل على نوع الحيوان الذى ترك هذا الأثر، وكذلك تعطى معلومات قيمة عن بيئة الحيوان. وعلى هذا الأساس فإن دراسة سلاسل الآثار التى تركتها قدم دينوصور ما dinosaur تعطى فكرة عن حجم وشكل قدم الدينوصور وكذلك تدل على حجم الحيوان وطوله. وبالإضافة إلى ذلك فإن نوع الصخر الذى يوجد فيه هذا الأثر قد يساعد على تحديد الظروف التى عاش فيها الحيوان.



شكل (١١٤)

آثار حفرية للزواحف حفظت فى الصخر

وقد ظهرت آثار لستة أقدام على شاطئ قطعته الأمواج إلى الجنوب من فيلى Filey فى يوركشير وكانت مساحة أثر القدم الواحدة حوالى ١٥ بوصة مربعة ويتكون الأثر من طبعات ثلاثة حوافر toes، وكذلك أثر عقب القدم stump "heel". ومن الصعب العثور على مثل هذه الآثار، ولكن توجد قوالب وآثار أقدام شبيهة معروضة فى متحف سكار بورو Scarborough.

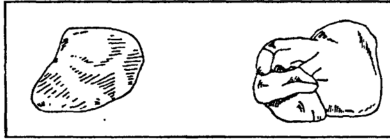
واللافقاريات أيضا تترك آثارا تدل على أنشطتها. ويظهر ذلك على أسطح الأحجار الرملية وطبقات الحجر الجيرى. وقد تكون هذه آثارا بسيطة يخلفها الحيوان عندما يتحرك على هذه الأسطح وأمثلتها جحور السرطانات البحرية burrows of crabs والحيوانات الحفارة الأخرى. وتدل مثل هذه الآثار المحفوظة على سلوك الحيوانات التى تركتها، وعلى نوع البيئة التى كانت تعيش فيها .

● **النجو المتحجر Coprolites**

هذه الأجسام هى الإخراجات المتحجرة (شكل ١١٥) وهى حفريات تعطى معلومات قيمة عن طبيعة غذاء الحيوان وصفاته التشريحية التى صنعت هذه المخلفات.

● **متحجرات مَعِدية Gastroliths**

هذه أحجار تامة الاستدارة ومصقولة إلى حد كبير (شكل١١٦). ويعتقد أنها كانت تستخدم فى مَعِدات الزواحف لجرش الغذاء إلى قطع صغيرة، وقد وجدت أعداد كبيرة من «أحجار المعدَة stomach stones» هذه مع بقايا أنواع معينة من الدينوصورات وبعض الزواحف المنقرضة.



شكل (١١٦)
حجر معدى

شكل (١١٥)
نجو متحجر

٧- تصنيف الحفريات Classification of Fossils

توجد أعداد هائلة من الكائنات، سواء أكانت تعيش حتى الآن أم انقرضت، ولهذا فإن الحاجة ملحة لوضع نظام تصنيفى لهذه الكائنات وربطها جميعا بعضها ببعض. وفى حالات كثيرة توجد حفريات تحمل صفات واضحة تتشابه فيها مع النباتات والحيوانات الحالية، ولهذا السبب نجد التصنيف الباليتنولوجى يشبه إلى حد كبير تصنيف الكائنات الحية الحديثة. ويعرف هذا النظام باسم «التسمية الثنائية binomial nomenclature» الذى وضعه العالم السويدى كارل لينّياس Carl Linnaeus عام ١٧٥٨ وطبقا لنظام التسمية الثنائية، تتكون الأسماء العلمية من

جـزئيـن: اسم الجنس *Genus* واسم النوع *Species*. وفى العـادة يـشـتق هذان الاسمان من كلمتين يونانيتين أو لاتينيـتين لوصف الكائن أو الحفرية المسماة، مثل *Didymograptus extensus* وقد تشـتق الأسماء من أسـماء أشخـاص أو أماكن، وفى هذه الحـالات تكتب الأسـمـاء «مـلتنة» latinized «مـثل *Didymograptus murchisoni*. وتستخـدم اللغة اللاتينية أو اليـونانية لأنهما أولا من اللغـات الميتة dead languages، وثانيا لأنهمـا غير عرضة للتغـيير، لكن الأكثر أهميـة، لأنهما لغتـان عالميتان، حـيث يعترف بهمـا العلماء فى كل أنحاء العـالم. وقد أدى نظام التسمية الـثنائية إلى ظهور علم التصنيف Taxonomy وهو فرع من العلم يختص بتصنيف الكائنات الحية والحفريات.

٨- وحدات التصنيف Units Of Classification

تقـسم الحياة الـعضوية إلـى مملكتى النبات والحـيوان. وتقـسم المملكة إلى شُعَب phyla (من الكلمة الإغريقية *phylon*) وتضم كل شعبة كـائنات لها صفات معينة مـشتركة. فمـثلا، كل الحيوانات التى لهـا حبل شوكى spinal cord تندرج تحت شعبة الحبليات chordata.

وتضم كل شعـبة أقساما أصـغر هى الطوائف classes، وتقـسم كل طائفة إلى رتب orders ثم تقـسم الرتب إلى فصـائل families ثم تقـسم الفصـائل إلى أجناس genera، وينقـسم كل جنس إلى وحـدات أصغـر تسـمى أنواع species ويقسم أى نوع إلى أقسام أصغر يسمى الواحد منها تحت نوع subspecies ثم يقسم هذا إلى ضـروب varieties . ويكوِّن اسم الجنس generic name مع اسم النـوع trival name الاسم العلمى scientific name للنوع. وطبقا لهذا النظام التقسيمى، فإن الاسم العلمى لـكل البشر الحـاليين هو *Homo sapiens*. وبالرغم من وجود بعض الفروق بين الأفـراد من البشر، إلا أنهم جـميعا تجـمع بينهم صفات عـامة مشتركة ولهذا يصنفون جميعا فى نوع واحد .

ويوضح الجدول التـالى تصنيف الإنسان man والكلب dog ومحارة clam من ذوات المصراعين:

	«الإنسان Man»	«الكلب Dog»	«محارة ذات مصراعين Clam»
المملكة kingdom	الحيوانية Animalia	الحيوانية Animalia	الحيوانية Animalia
الشعبة phylum	الحبليات Chordata	الحبليات Chordata	الرخويات Mollusca
الطائفة class	الثدييات Mammalia	الثدييات Mammalia	المحاريات Pelecypoda
الرتبة order	الرئيسيات Primates	آكلات اللحوم Carnivora	رقائقيات الخياشيم Eulamellibranchia
الفصيلة family	البشريات Hominidae	ذوات الأنياب Canidae	فنريدى Veneridae
الجنس genus	الإنسان *Homo*	الكلب *Canis*	فينوس *Venus*
النوع species	العاقل *sapiens*	الأليف *familiaris*	مرسيناريا *mercenaria*

وعند كتابة الاسم العلمى، فلا بد أن يبدأ اسم الجنس بحرف كبير capital letter واسم النوع يبدأ بحرف صغير ويجب أن يكتبا بحروف مائلة أو يوضع تحت كل منها خط.

٩- استخدامات الحفريات How Fossils Are Used

تفيد الحفريات فى نواحٍ كثيرة، إذ إن كل عينة منها قد تعطى معلومات عن زمن حياتها وأين عاشت وكيف كانت حياتها. وعلى سبيل المثال، نحن نستخدم الحفريات فى تتبع تطور النباتات والحيوانات، ففى الصخور الأقدم نجد الحفرية بدائية نسبيا وبسيطة. بينما نجد الحفريات المشابهة لها والموجودة فى صخور أحدث وعاشت فى أزمنة متأخرة later tims، نجدها أصبحت متطورة وأكثر تعقيدا.

وهناك حفريات معينة تستخدم كأدلة بيئية environmental indicators، مثل المراجين البانية للشعاب التى عاشت دائما تحت الظروف نفسها التى تعيش فيها حاليا. وعلى هذا الأساس فلو أن الچيولوچى وجد شعابا مرجانية متحفرة fossil reef corals فى مكانها *in situ* (حيث كانت تعيش أصلا)، فإنه يستطيع أن يؤكد أن الصخور التى تحتوى على هذه الشعاب قد تكونت من رواسب توضعت فى مياه دافئة ضحلة ملحة.

وإن دراسة وجود وتوزيع الحفربات البحرية، يجعل من الممكن تحديد مواقع وامتداد بحار ما قبل التاريخ. كما أن بعض الحفريات قد تزودنا ببعض الأدلة على عمق القاع ودرجة حرارته وظروفه وقدر ملوحة المياه التى كانت تعيش فيها هذه الكائنات قبل تحفرها.

ومن أهم استعمالات الحفريات ما يتصل بأغراض المضاهاة (المضاهاة هى عملية لتبيان أن طبقات صخرية معينة ينتمى بعضها إلى بعض). وبمضاهاة الطبقات التى تحتوى على حفريات بعينها، يمكن لنا أن نحدد توزيع التكاوين الچيولوچية فى منطقة ما. وهناك بعض الحفريات التى لها مدى چيولوچى رأسى محدود وتوزيع جغرافى منتشر، وبعبارة أخرى أن الكائنات التى تمثلها عاشت لفترة قصيرة من الزمن الچيولوچى، لكنها كانت ذات انتشار جغرافى واسع. وتسمى مثل هذه الحفريات باسم الحفريات المرشدة guide fossils أو الدليلية index fossils. وهذا

النوع من الحفريات مفيد جدا فى عملية المضاهاة، إذ إنها لا توجد عادة إلا فى صخور لها العمر نفسه. وتعد الحفريات الدقيقة microfossils حفريات مرشدة لچيولوچى البترول. وفى هذا المجال يقوم أخصائى الحفريات الدقيقة micropaleontologist بغسل العينات الصخرية التى أُحْضِرت من عمليات الحفر، ثم يقوم بفصل الحفريات الدقيقة من الصخر المحيط بها، وبعد ذلك يضع الحفريات على شرائح خاصة لتُدْرس تحت المجهر. وقد تسفر المعلومات المستنتجة من دراسة هذه الحفريات عن بيانات مفيدة عن عمر التكاوين الچيولوچية التحتسطحية وإمكانية إنتاج الزيت منها. وفى الواقع فإن بعض النطاقات المنتجة للزيت فى تكساس Texas، ولويزانا Louisana قد سميت بأسماء أجناس معينة من الفورامنيفرا foraminifera.

وهناك أيضا حفريات دقيقة أخرى مثل الفيوزيولينات fusulinids و الأستراكودات ostracods وحبوب اللقاح pollens والأبواغ spores تستخدم للتعرف على الطبقات والتكاوين التحتسطحية. وبالرغم من أن النباتات تستخدم كأدلة مناخية climatic indicators بنجاح، إلا أنها لا تفيد كثيرا فى أعمال المضاهاة. ومع ذلك فهى تفيد فى معرفة التطور الذى حدث للنباتات خلال الزمن الچيولوچى.

الفصل السادس عشر

الحياة فى العصور الماضية

LIFE OF PAST AGES

كانت بعض النباتات والحيوانات التى عاشت فى أثناء أزمنة ما قبل التاريخ، تشابه بشكل مدهش مثيلاتها التى تعيش فى الوقت الحالى. لكن البعض الآخر بلغ حجوما ضخمة، وكانت له أشكال متنوعة غريبة تختلف كثيرا عن الكائنات الحية الحديثة.

ويهدف هذا الفصل إلى تزويد القارئ بمقدمة تبرز تنوع أشكال الحياة ما بين الماضى والحاضر. وبالرغم من أن التصنيف الذى اتبع فى هذا الفصل لا يعد تقسيما مفصلا للغاية، لكنه تصنيف يفى بالغرض من هذا الفصل حيث يعد من أحدث التقسيمات. وحيث إنه توجد فروق بين التصنيف المتبع هنا وبين التصانيف الأخرى وخاصة الأقدم والمنشور منها، فقد وضعت أسماء بديلة للقليل من المجموعات المدونة فيما يلى.

ويعتمد التقسيم الحالى على علم الشكل morphology، أى دراسة البنية structure أو الشكل form. وسوف تسهل دراسة هذه المداخل تعريف الصفات والخواص التشخيصية لكل مجموعة مدروسة. كذلك فإنها ستساعد فى التعرف على بعض الأشكال الأكثر انتشارا إذا وجدت على هيئة حفريات. وقد أضيفت تعليقات وبيانات عن كل مجموعة من حيث بيئتها، وأكثر طرق الحفظ شيوعا فيها، وكذلك المدى الچيولوچى لها (المدى الزمنى الذى عاشه الكائن الحى عبر التاريخ الچيولوچى).

ويوجد فى الملحق «جـ» فى نهاية الكتاب تصنيف مبسط لعالمى النباتات والحيوانات فى شكل ملخص.

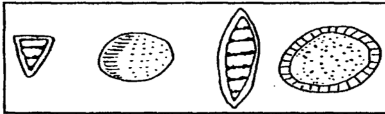
١-تصنيف(تقسيم)النبات Plant Classification

توجد الحفـريات النباتية عادة على هيئة كِسرات غير محفـوظة جيدا. ومع ذلك، فهناك بعض السجلات النباتية الحفرية التى زودتنا بمعلومات كثيرة عن تطور النبات. كـذلك توجد أنماط مـعينة من النبـاتات المتحـفرة تسـتخدم شـواهد على الظروف المناخيـة القديمة، وبعـض منها كان له أهمـية كبـيرة فى تكوين رواسب الفحم.

ويبين التصنيف التـالى المجموعات التصنيـفية الكبيرة فـقط، ومع ذلك فهو يشير إلى التنوع الضخم للأشكال التى يتألف منها عالـم النبـات plant kingdom وقـد وضـع مـصطلح «قـسـم division» بدلا من مـصطلح «شـعـبـة phylum» المستخدم فى عالم الحيوان animal kingdom، وفى الوقت الحالى يفضل علماء النبات وعلماء النبات القديم استخدام هذا المصطلح.

• عويلم النباتات الثالوسية Sub-Kingdom Thallophyta

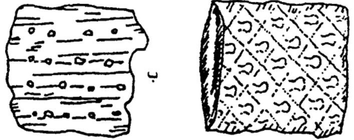
تضم النباتات الثـالوسية أبسط النبـاتات قاطبة، فـهى نباتات لا تكوِّن أجنة وليـست لهـا جذور أو سـوق أو أوراق، وتشـمل أشكالا مـثل الطحـالب algae والفطريات fungi والحزازيات lichens والدياتومات diatoms. وتوجد الأخـيرة (الدياتومات) على هـيئة حفـريـات دقيقـة فى الصخـور الرسوبية البـحرية (شكل ١١٧). وتفرز بعض أنواع الطحالب كربونات الكالسيوم بكميات كبيرة تسمح ببناء كتل ضـخمـة من الحجـر الجيـرى تسمى الشـعاب reefs. وتوجد هذه الشـعاب الطحلبية فى صخـور معينة من حقب ما قبل الكمبرى، وتعـد من أقدم الحفريات المعروفة. والمدى الزمنى للنباتات الثـالوسية يمتد من ما قبل الكمبـرى حتى العصر الحديث Recent.



شكل (١١٧)
دياتومات (مكبرة جدا)

• عويلم النباتات الجنينية Sub-Kingdom Embryophyta

تعد النباتات الجنينية أكثر تطورا من النباتات الثالوسية، إذ إنها نباتات مكوِّنة للأجنة، وتشمل أعضاء قسم الحزازيات bryophyta والحزازيات القائمة mosses، والحزازيات الكبدية liverworts. وبالرغم من المدى الجيولوجى الواسع للنباتات الجنينية؛ والذى يمتد من الدور الكربونى Carboniferous حتى العصر الحديث Recent، إلا أن حفريات هذا القسم نادرة. وأكثر أنواع النباتات الجنينية أهمية، النباتات التى تندرج تحت قسم النباتات الوعائية Tracheophyta (نباتات لها أنسجة وعائية vascular plants) والتى تقسم إلى أربعة تحت أقسام subdivisions، ومن بينها الكثير من النباتات الحية المهمة وكذلك النباتات المتحفرة؛ وهذه تضم السرخسيات ferns والنباتات الدائمة الخضرة evergreens والنباتات المزهرة flowering plants والأشجار الخشبية الصلبة hardwood trees. ومن أفضل أمثلة النباتات الوعائية المتحفرة النباتات السيكادية cycades "عاريات البذور والسرخسيات ferns وكذلك نبات الجنكوس ginkgos" بالإضافة إلى النباتات المهمة فى تكوين الفحم مثل الحزازيات القائمة الهراوية (mosse club) ونبات السمار (الأسَل) scouring rush وكذلك الأشجار الحرشفية scale trees (شكل ١١٨) ويمتد المدى الجيولوجى للنباتات الوعائية من الدور السيلورى Silurian إلى العصر الحديث Recent. وقد وجدت أيضا بذور متحفرة وأبواغ spores وحبوب لقاح pollen grains، ونظرا لحجومها الدقيقة، فإن البعض منها يكوّن حفريات دقيقة قيمة.



شكل (١١٨)

حفريات لنباتات متفحمة

أ- خشبانيات. ب- سجيلاريا.

٢- عالم الحيوان Animal Kingdom

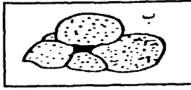
توجد بقايا الحيوانات المتحفرة بكثرة فى الصخور الرسوبية. وتتنوع هذه البقايا الحيوانية فى أنواعها، فمنها الأصداف الدقيقة (الميكروسكوبية microscopic) للحيوانات الوحيدة الخلية، ومنها عظام الدينوصورات العملاقة. وأكثر أنواع الحفريات شيوعا هى بقايا الحيوانات اللافقارية مثل المراجين corals والرخويات molluscs والقنافذ البحرية echinoids. وفى بعض الأحيان قد لا يكون سهلا أن تصنف أنواع معينة من كائنات حية على أنها نباتات أو حيوانات. واقترح بعض العلماء أن توضع هذه الكائنات «الوسطية «in-betweens» فى مجموعة منفصلة أو «عالم منفصل separate kingdom» يسمى «بروتستا Protista»، ويضم هذا العالم الأحياء وحيدة الخلية مثل البكتيريا والطحالب والأوليات والدياتومات، لكننا فى هذا الكتاب سوف ندرس ما هو معروف كنبات وما هو معروف كحيوان فقط.

• شعبة الحيوانات الأولية Phylum Protozoa

تشمل هذه الشعبة الحيوانات اللافقارية البسيطة وحيدة الخلية (حيوانات ليس لها عمود فقرى Backbone)، ومعظم هذه الحيوانات ليس لها هيكل أو أجزاء صلبة، ومع ذلك فإن البعض منها قد يكون له جزء صلب خارجى قابل للتحفر. ومعظم الأوليات دقيقة الحجم (ميكروسكوبية) ولهذا فإن لها أهميتها كحفريات دقيقة. وتضم هذه الشعبة طائفة الساركودينا Sarcodina التى تقسم إلى رتبتين هما: الفورامينيفرا Foraminifera والراديولاريا Radiolaria، وهذان النوعان مفيدان كحفريات مهمة.

وتسمى أفراد رتبة الفورامينيفرا «المنخربات forams»، وهى عادة حيوانات بحرية تفرز أصدافا دقيقة عديدة الحجرات من الكيتين chitin أو السليكا silica، أو كربونات الكالسيوم calcium carbonate (شكل ١١٩). وتوجد الفورامينيفرا بكثرة فى كثير من الصخور الرسوبية البحرية ولها مدى جيولوجى واسع يمتد من الدور الكمبرى حتى العصر الحديث. ونظرا للانتشار الكبير للفورامينيفرا ووفرة أعدادها، فإنها تعد أكثر الحفريات الدقيقة فائدة على الإطلاق. وبالنسبة إلى





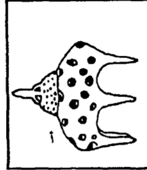
شكل (١١٩)

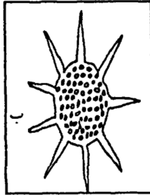
حفريات فورامينيفرا (مكبرة جدا)

أ- فيوسيولينا ***Fusulina*** (الكربونى).

ب- لنتيكيولينا ***Lenticulina*** (الطباشيرى).

الراديولاريا (الشعاعيات)، فإنها تفرز أصدافا سيليسية رقيقة مغطاة بأشواك (شكل ١٢٠) وتشيع بقاياها بكثرة فى أنواع معينة من الرداغ ooze أو فى الرواسب البحرية عموما، ويمتد مداها الزمنى من الدور الكمبرى Cambrian إلى الحديث Recent، لكنها لا توجد عادة على هيئة حفريات.





شكل (١٢٠)

حفريات الراديولاريا (مكبرة جدا)

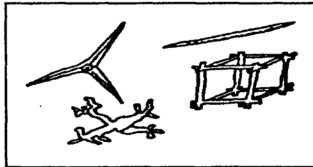
(أ) بودوسيرتيس ***Podocyrtis*** (الثلاثى).

(ب) تروكوديسكس ***Trochodiscus*** (الكربونى).

• شعبة المساميات (الإسفنجيات) Phylum Porifera

تعد الإسفنجيات أبسط الحيوانات عديدة الخلايا. وتفرز الإسفنجيات الحية المواد الكيتينية chitin، والسليكا silica وكربونات الكالسيوم calcium carbonat، أو الإسفنجين spongin لكى تكوّن أجساما صلبة صغيرة تشبه الإبر

(شكل ١٢١) تسـمى الأشواك الإسـفنجيـة spicules وهى تسـاعد على تدعـيم الأنسجـة الإسفنجـية الرخوة وحـمايتهـا. وبالرغم من عدم شـيوع الإسفنجـيات كحـفريات، إلا أن أنـواعا قليلة منهـا توجد بقلة فى صـخور مـعينة من الحـقب الباليوزوى Paleozoic Era. وبالإضافـة إلى ذلك، فإن بعض الأشواك الإسفنجية لأنواع معينة قـد توجد أحيانا على هيئـة حفريات دقيقـة. ومن المحتمل أن يكون أعضـاء من شعبة الإسـفنجيات قـد عاشت خلال حقـب ما قبل الكمبـرى. وقد وجدت بالفعل إسـفنجيات معينة وأشـباه إسفنجيات فى الدور الكمـبرى وشاعت فيه.



شكل (١٢١)
أشواك إسفنجية (مكبرة جدا)

• شعبة الجوفمعويات Phylum Coelentrata

تشمل شـعبة الجـوفمعويـات مجموعـة كبيـرة من الحيوانات المائيـة عديدة الخلايا. وبالرغـم من أن حيوانات هـذه الشعبة أكثر تعقيـدا من الإسفنجيات، إلا أنها تعد من الحيوانات البدائية. ويتميز الحيوان الحى بأن له جسما يشبه الجيب وفما محددا، ولوامس تحمل أكياسا لاسعة stinging capsules.

وتعـد المراجيـن corals والأسمـاك الهـلامية (قناديـل البحـر) jellyfishes مـن الأمثلـة الجيـدة للجـوفمعويات. ومن بين الطوائف الشائعة للجـوفمعويات، توجد طائفـة الهدريات Hydrozoa والفنجانيات Scyphozoa (الأسماك الهـلامية jellyfishes) والأنثـوزوات (الزهريات) Anthozoa (المراجـين corals، وشـقـائق النعـمـان sea anemones)، إلا أن الأنثـوزوات فـقـط هى التى خلفت سـجـلا باليتولوجيا جيدا.

• طائفة الأنثوزوات (الزهريات) Class Anthozoa

أفراد هذه الطائفة حيوانات بحرية، وتشمل شقائق النعمان والمراجين. وهذه الأخيرة تعد مهمة من الناحية الجيولوجية.

وتفرز المراجين الوحيدة أو الشبيهة بالقرون، هياكل خارجية تشبه الكؤوس أو المخاريط، بينما تعيش المراجين المركبة معا فى مستعمرات مكونة من أفراد عديدة متصل بعضها ببعض. وتقسم المراجين الحفرية إلى ثلاث مجموعات هى: المراجين المجعدة Rugosa، والمراجين السداسية Hexacorals، والصفائحيات Tabulates.

والمراجين المجعدة هى مجموعة منقرضة عاشت فى حقب الحياة القديمة Poleozoic Era. وقد كونت أجزاء من شعاب ضخمة واستخدمت حفريات نطاقية فى صخور الدورالكربونى. والمراجين بصفة عامة لا تعد حفريات نطاقية جيدة، نظرا لأن لها توزيعا محدودا. وقد تكون المراجين المجعدة إما مفردة solitary (مثل جنس *Zaphrentis*، أو على هيئة مستعمرات colonies (مثل جنس *Lithostrotion*) ولها حواجز محددة جيدا وصفائح حويصلية dissepiments (شكل ١٢٢ أ). وفى بعض المستعمرات المرجانية الكتلية الشكل، قد يفقد الجدار الذى يفصل بين المرجانات المفردة.

وتشمل المراجين المجعدة الشائعة الأجناس التالية:

Acervularia*، *Calceola*، *Caninia*، *Dibonophyllum

Lithostrotion*، *Lonsdaleia*، *Palaeocyclus*، *Palaeosmilia

Zaphrentis*، *Phillipsatraea

وتتميز المراجين السداسية Scleractina بأنها قريبة الشبه جدا من المراجين المجعدة (الرباعية)، وأن لها حواجز مرتبة شعاعيا. وتوجد المراجين السداسية بداية من الدور الترياسى فأحدث، ولا توجد فى صخور حقب الحياة القديمة.

ويعتقد أن المراجين السداسية قد نشأت عن تطور المراجين الرباعية؛ لكن هذا لم يثبت بالتأكيد. وتشمل المراجين السداسية بعض الأجناس مثل:

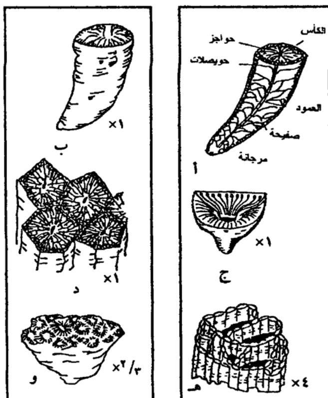
***Goniopora* و *Montlivatia* و *Thamnasteria*.**

وتعد المراجين الصفائحية tabulate corals أقدم أنواع المراجين المعروفة، لكنها كانت هامشية وطغت عليها المراجين الرباعية فى حقب الحياة القديمة (الباليوزوى). وتبدو فيها الصفائح واضحة، لكن الحواجز إما أن تكون متقزمة stunted أو غير موجودة. وتوجد كافة المراجين الصفائحية على هيئة مستعمرات وقد تكوّن أشكالا كتلية أو توجد على هيئة سلاسل. وتشمل الأمثلة الشائعة من المراجين الصفائحية أجناس:

Alveolites* ، *Favosites* ، *Halysites* ، *Heliolites

. Syringopora* و *Pleurotictyum* ،*Pachypora

وهذه الأجناس تصنف غالبا فى رتبة الألسيوناريا Alcyonaria، نظرا لوجود تشابه ملحوظ بينها وبين المراجين الحديثة البانية للشعاب.



شكل (١٢٢)

المراجين

أ- الأجزاء الرئيسية.

ب- زافرنتس *Zaphrentis* (مرجان مجعد-كربونى).

ج- كالسيولا *Calceola* (مرجان مجعد ديفومى).

د- ليثوستروشن *Lithostrotion* (مرجان مجعد-كربونى).

هـ- هاليسيتس *Halysites* (سيلورى).

و- إساستريا *Isastrea*. (جوراسى- طباشيرى) (× ١ = التكبير)

والمراجين البانية للشعاب هى بالطبع، من الأشكال التى تعيش فى مستعمرات وتعيش فى البحار الضحلة الصافية الدافئة؛ وعليه فإن حفرياتها تعد أدلة جيدة على الظروف المناخية القديمة. وبصرف النظر عن شكل مشكوك فيه من المراجين وجد فى صخور الدور الكمبرى فإنه من المعروف جيدا أن المدى الچيولوچى للمراجين يمتد بالتحديد من الدور الأردوفيشى إلى العصر الحديث، ولذلك فهى تعد إحدى أهم المجموعات الحفرية وبخاصة فى صخور حقب الحياة القديمة.

• طائفة الهدريات Class Hydrozoa

بالرغم من العلاقة الضعيفة بين رتبة الاستروماتوبورات Order Stromatoporoidea وبين المراجين، إلا أن الاستروماتوبورات كانت فى بعض الأزمنة مهمة كبانيات للشعاب. وكانت بداية ظهورها فى الدور الأردوفيشى، لكنها بلغت أوجها فى الدور الديفونى، كما أنها وجدت أيضا فى صخور حقب الحياة المتوسطة وتتكون هذه الصخور من كتل من أنابيب «الاستروماتوبورا *Stromatopora*»، وهذا الجنس أكثر أفراد هذه الرتبة انتشارا، وهو يضاهى جنس «ميليبورا *Millepora*» وهو من الأجناس الحالية البانية للشعاب، وأيضا من الهدريات، لكنه من رتبة مختلفة.

• الديدان Worms

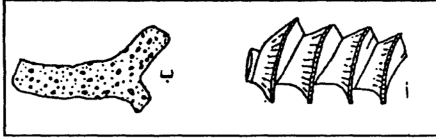
يطلق اسم الديدان worms على مجموعة كبيرة من الحيوانات المتنوعة التى تشمل ثلاث شعب three phyla، وهى:

الديدان المفلطحة "Platyhelminthes" flatworms، والديدان الأسطوانية "Nemathelminthes" round worms والديدان الدوارة rotifers "Trochelminthes".

ولما كان معظم الديدان لا يحتوى على أى هيكل صلب، فإن هذه الحيوانات لم تترك إلا سجلا حفريا ضئيلا أو لم تترك وراءها سجلا بالمرة. وليس هذا هو الحال فى الديدان الحلقية annelid والتى سبقت الإشارة إليها من قبل.

- شعبة البريوزوا (الحزازانيات) Phylum Bryozoa

تشمل هذه الشعبة حيوانات صغيـرة تعيش فى مستعمرات، يطلق عليه عادة «الحيوانات الحزازية moss animals» وهى واسعة الانتشار فى البحار الحديثة ويفرز كل حيوان هيكلا خارجيـا دقيق الحجم يشبه الفنجان من مادة كيتـينية أو جيرية قد يحفظ كحفرية (شكل ١٢٣).

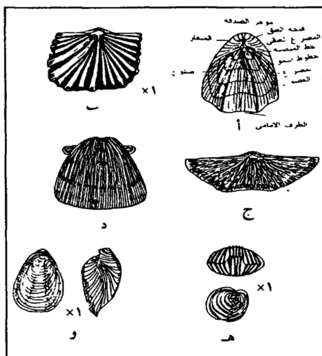


شكل (١٢٣)
البريوزوا
أ- ارشميدس *Archimedes* (الكربونى).
ب- ليوكليما *Lioclema* (الكربونى).

وتنتـشر حـفريات البـريوزوا فى تكاوين معـينة من صخـور حقب الحـياة القديمة، ويتردد مداها الزمنى بين الدورالأردوفيشى والحديث، ولو أنه قد سجلت منها أشكال مشكوك فيها بصخور الدور الكمبرى.

- شعبة المسرجانيات (ذراعيات الأقدام) Phylum Brachiopoda

تضم شعبة المسرجانيات مجموعـة كبيرة من الحيوانات البحرية ذات أصداف تتكون الواحدة منها من مصراعين (شكل١٢٤) وتتركب الصدفة من مواد جيرية أو فوسفاتية، تحوى الأجزاء الرخوة للحيـوان بداخلها لحمايتها. وتلتصـق المسرجانيـة البالغـة بأرضية المحيط بواسطة عنق pedicle وهو جزء لحمى رخو، يخـرج عـادة مـن خـلال فتحـة المنقار؛ وهى فتـحة فى المصراع العنقى. ويسمى المصراع الآخـر من الصـدفة باسم المصـراع العضـدى brachial، وهو عـادة المصـراع الأصـغـر. (يطلق على المصراعين المصراع البطنى «العنقى» والمـصراع الظهرى «العضدى» على الترتيب).



شكل (١٢٤)
المسرجانيات

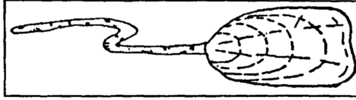
١- (الأجزاء الرئيسية للمسرجانيات المعشقة
ب- *Orthis* (باليوزوى).
جـ- *Spirifer* (الباليوروى العلوى).
د- *Productus* (الباليوزوى العلوى).
هـ- *Rhynchonella* (سيلورى-حديث).
و- *Terebratula* (ديفونى-حديث)

وتقسم شعبة المسرجانيات إلى طائفتين هما: المسرجانيات غير المعشقة Inarticulata والمسرجانيات المعشقة Articulata

- طائفة المسرجانيات غير المعشقة Class Inarticulala

المسرجانيات غير المعشقة هى أشكال بدائية إلى حد ما، ولها تاريخ جيولوجى طويل يمتد من الكمبرى المبكر Eearly Cambrıan حتى الحديث Recent

وقد سجل حديثا وجود هذه الطائفة فى صخور ما قبل الكمبرى. ومعظم أفراد هذه الطائفة لها شكل بيضى أو شكل اللسان، ولا يوجد فيها ثقب للعنق، بل يلتصق المصراعان الواحد بالآخر بالعضلات وليس عن طريق مفصلة hinge بها أسنان (انظر فيما بعد). ويعد جنس لنجيولا *Lingula* (شكل ١٢٥) مثالا للمسرجانيات غير المعشقة، وهناك أشكال شائعة أخرى مثل. *Crania* و *Lingulella* و *Orbıculoidea*



شكل (١٢٥)

Lingula، من المسرجانيات غير المعشقة

- **طائفة المسرجانيات المعشقة Class Articulata**

أفراد هذه الطائفة لهـا مفصلة محددة بوضوح، ويوجد فـى أحد المصراعين أسنان teeth تعـشق فى تجـاويف sockets توجـد فى المصـراع الآخـر. وتتمـيـز المسرجانيـات المعشقة بأن لهـا أصدافا جيـرية وفوسفاتية. وتتكـون كل صدفة من مصـراعين مختلفـين فـى الحجم فى الحالة النمـوذجية. وتتخـذ الأصداف أشكالا متعددة ومتباينة (شكل ١٢٤). وتقسم المسرجـانيات المعشقة إلى رتبتين تنقسم كل منهما إلى رتيبات sub-orders عديدة وذلك على أساس شكل الصدفـة وهيئتها. وتشمل المسرجانيات المعشقة أمثلة كثيرة نذكر منها:

Suborder تحت رتبة	Examples الأمثلة
Strophomena	*Chonetes, Leptaena,, Productus, Strophomena*
Orthocea	*Orthis*
Pentameruacea	*Conchidium,Pentamerus, Strickladia,*
Spiriferacea	*Atrypa, Cyrtia, Spirifer ,*
Rhynchonellacea	*Pugnax, Rhynchonella*
Terebratulacea	*Stringocephalus, Terebratula*

ويمتد المدى الزمنى للمسرجانيات المعشقة من الكمبرى المبكر حتى الحديث، وهى حفريات منتشرة بشكل خاص فى الطبقات الحاملة للحفريات فى حقب الحياة القديمة.

- شعبة الرخويات Phylum Mollusca

تشمل شعبة الرخويات مجموعة كبيرة من الحيوانات المائية aquatic والبرية terrestial (land-dwelling). وتضم أفراد هذه الشعبة الأشكال المألوفة من القواقع والأصداف (clams) والأويستر oysters والحبار squids والأخطبوط octopuses. ومعظم الرخويات لها صدفة جيرية تعمل كأنها هيكل خارجي exskeleton وهذه الأجزاء الصلبة مهيأة تماما للحفظ كحفريات. لكن هناك رخويات مثل slugs وليس لها أصداف، بينما توجد أشكال أخرى مثل الحبار لها صدفة داخلية. ونظرا لوفرة الرخويات وتنوعها وامتدادها الطويل عبر الزمن الجيولوجي فإنها تعد من الحفريات المفيدة.

وتقسم شعبة الرخويات إلى خمس طوائف هي: الأمفينيورا Amphineura، وزورقيات الأقدام Scaphopoda والمحاريات Pelecypoda، والبطنقدميات Gastropoda، والرأسقدميات Cephalopoda. وتوجد طوائف المحاريات والبطنقدميات والرأسقدميات فقط كحفريات شائعة.

• طائفة المحاريات Class Pelecypoda

تتميز المحاريات رقائقية الخياشيم بصدفة تتكون من مصراعين من الجير (شكل ١٢٦أ)، يضمان الأجزاء الرخوة للحيوان. والمحاريات حيوانات مائية توجد في المياه العذبة كما توجد أيضا في المياه الملحة. ومعظم المحاريات تتحرك ببطء على القاع الذى تعيش عليه مثل clam بينما البعض الآخر مثل الأويستر oysters يلتصق بالقاع. وأشكال أخرى مثل scallops تعيش سابحة في الماء.

وتتركب صدفة المحاريات من مصراعين متساويين في الشكل والحجم يرتبطان الواحد بالآخر برباط مرن يمتد على طول الجانب الظهرى للصدفة. وبالإضافة إلى ذلك، فإن معظم الأشكال لها أسنان ومغارس teeth and sockets توجد على طول خط المفصلة hinge line. وتغطى الصدفة من الخارج مادة قرنية تسمى البشرة القرنية periostracum، بينما يغلف السطح الداخلى لكل مصراع سطيحة جيرية calcareous layer من مواد لها تركيب اللؤلؤ pearly أو الخزف porcellaneous. وبالرغم من تنوع أشكال الصدفة في المحاريات (شكل ١٢٦) إلا أن معظمها يكون له شكل المحارة ذات المصراعين clam ويوجد المنقار beak الذى

يمثل أقدم أجزاء الصدفة على النهاية الأمامية للصدفة (المقدمة)؛ ويسمى الجزء الآخر من الصدفة باسم المؤخرة posterior. وإذا كانت الصدفة مستطيلة من الخلف، فهذا يدل على أن الحيوان كان مدفونا جزئيا. وتسمى الحافة السفلى لصدفة الحيوان (حيث يفتح المصراعان) باسم الحافة البطنية ventral margin. وكما سبقت الإشارة إليه فإن الحافة الظهرية dorsal margin هى الجانب العلوى الذى توجد على امتداده المفصلة والرباط. ويتميز المصراع من الداخل ببعض التراكيب مثل الأسنان والمغارس، ونُدب العضلات، وبعض الصفات التشخيصية diagnostic features. ويتميز الجانب الخارجى لكثير من الأصداف بوجود خطوط النمو المركزة concentric growth lines، وكذلك بوجود الأشواك والضلوع والنتواءت وأنماط أخرى من الزخرفة. وفى العادة يتم حفظ حفريات رقائقيات





شكل (١٢٦)

المحاريات

ا- الأجزاء الرئيسية.

ب- *Tringonia* (جوراسى-حديث).

ج- *Modiola* (ديفونى-حديث).

د- *Pecten* (ترياسى - حديث).

هـ- *Inoceramus* (جوراسى-طباشيرى).

و- *Gryphacea* (جوراسى-إيوسين).

الخياشيم على هيئة قوالب moulds وصبّات casts، لكن الكثير منها يوجد بالمادة الأصلية للصدفة نفسها التى قد تظهر بها تغيرات ضئيلة تكون قد طرأت عليها. وكان أول ظهور لرقائقيات الخياشيم أو المحاريات فى الدور الأردوفيشى، وانتشرت خلال حقب الحياة القديمة المتأخر بصفة خاصة، وكذلك خلال حقب الحياة المتوسطة وحقب الحياة الحديثة.

وكما هو الحال فى المسرجانيات، فإن رقائقيات الخياشيم تتنوع وتقسم إلى رتب عديدة وكذلك إلى رتيبات suborders على أساس الصفات التشريحية المختلفة مثل خط المفصلة. ولرقائقيات الخياشيم أشكال شتى، من الأشكال الشائعة منها:

Astarte* , *Carbonicola, Cardiola, Cardita

Cardium, Exogyra, Glycimeris, Gryphaea

Inoceramus, Lima, Mya, Ostrea

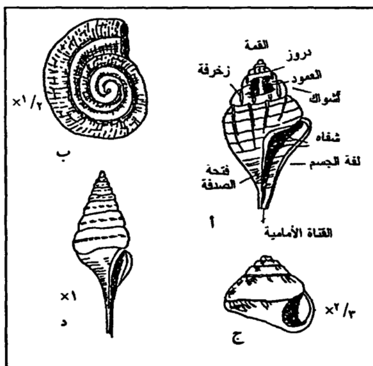
Pecten, Spondylus, Trigonia, Venus

• طائفة البطنقدميات (القوقعيات) Class Gastropoda

تتميز صدفة البطنقدميات فى صورتها النموذجية بأنها صدفة ذات مصراع واحد، ملفوفة لفا حلزونيا وهى صدفة غير مقسمة إلى حجرات. ومعظم البطنقدميات لها خياشيم وتعيش فى المياه البحرية الضحلة، ويعيش بعضها فى المياه العذبة أيضا، كما أن بعضها يعيش على البر ويتنفس عن طريق رئة.

وكان أول ظهور البطنقدميات فى الدور الكمبرى المبكر واستمرت حتى العصر الحديث. ومعظم حفريات البطنقدميات وحتى تلك الأشكال الحديثة منها تتنوع أشكالها وأحجامها وأنماط زخرفتها (شكل ١٢٧) وقد تكون الصدفة مسطحة flat أو ملفوفة لفا حلزونيا أو على شكل المخروط أو على شكل البرج turreted أو اسطوانية الشكل. ويسمى جزء الصدفة المغلق الذى يشير إلى نهايتها بالقمة apex، وكل دورة من الصدفة باسم لفة whorl، وتسمى أكبر لفة وآخر لفة فى التكوين باسم لفة الجسم body whorl وتسمى فتحة الصدفة باسم الفُرْجة aperture

وتوجد فى لفة الجسم. ويتكون الحلزون spire من كل اللفات ماعـدا لفة الجسم. وفى معظم الحـالات، يكون اتجاه لف الصدفة يمـينيا dextral، لكن هناك أشكالا من أصداف البطنقدميات يكون اتجاه لف الصـدفة فيها يساريا sinistral فى أجناس وأنواع معـينة. ويعرف الجـزء الخارجى من الفُـرْجة بالشفـة الخارجـية outer lip، والجزء الداخلى منها يعرف بالشفة الداخلية inner lip. وتستطيع بعض القواقع أن تغلق الفُـرجة بواسطة لـوح يتكون من مادة قـرنية أو جـيـرية. وهذا اللوح يغلق الفُرجـة بإحكـام حينمـا يسحب الحـيوان نفســه إلى داخل الصدفـة. وكثـير من البطنقدمـيات حفظت على هيـئة قوالب خارجـية أو قوالب داخلية وبخـاصة تلك الحفريات الموجودة فى صخور حقب الحياة المتوسطة وكذلك حقب الحياة القديمة.



شكل (١٢٧)

البطنقدميات

أ- (الأجزاء الرئيسية).

ب- إيومفالوس ***Enomphalus*** (سيلورى - ترياسى).

جـ- بليروتوماريا ***Pleurotomaria*** (ترياسى- حديث).

د- فيوزينوس ***Fusinns*** (طباشيرى - حديث).

ويتكون القالب الداخلى بعد موت الحيوان وبعد تحلل أجزائه الرخوة، وبعد ذلك تمتلئ الصدفة بالرواسب التى تتصلب فيما بعد. وقد تزول الصدفة بعد ذلك نتيجة لعملية التجوية أو بواسطة الفعل الإذابى للمحاليل، فينكشف القالب الداخلى internal mould ويسمى هذا النوع من القوالب باسم *steinkern*، وفى العادة فإنه لا يظهر أية صفات داخلية للصدفة.

ومن البطنقدميات المنتشرة والمميزة:

Conorbis, Bellerophon, Euomphalus, Fusinus

Planorbis, Turritella, Viviporous, Voluta

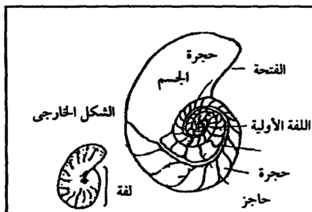
• طائفة الرأسقدميات Class Cephalopoda

الرأسقدميات رخويات بحرية قد تكون لها صدفة أو تكون بلا صدفة. وفى حالة وجود الصدفة فقد تكون داخلية أو خارجية، وقد تكون بدون حواجز أو مقسمة بالحواجز إلى حجرات chambers والرأسقدميات حيوانات بحرية بصفة عامة وهى من آكلات اللحوم carnivorous. وهى حيوانات حرة (غير ملتصقة) unattached وتعد أكثر أنواع الرخويات تطورا وذات درجة مرموقة بين الحفريات المرشدة، وتشمل الحبّار squid، والأخطبوط octopus، وجنس *Nautilus* اللؤلؤى، وكذلك الأشكال المنقرضة من الأمونيدات ammonoids. ويمتد المدى الجيولوجى للرأسقدميات من الدور الكمبرى إلى العصر الحديث، لكنها كانت أكثر انتشارا فى البحار القديمة مما هى عليه الآن فى البحار الحديثة. وتقسم طائفة الرأسقدميات إلى ثلاث طويئفات هى: النوتيلويدات Nautiloidea أو رباعية الخياشيم (ويمثلها فى الأزمنة الحالية جنس نوتلس اللؤلؤى Pearly Nautilus، وطويئفة الأمونيدات Ammonoidea (المنقرضة)، وطويئفة كوليديا Coleoide) الأخطبوط والحبّار). والنوتيليدات Nautiloids والأمونيدات Ammonoids هى أكثر المجموعات الحفرية أهمية بين هذه الطويئفات.

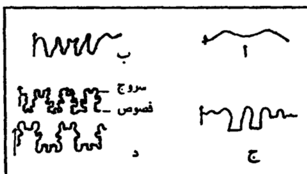
• طويئفة نوتيلويديا Subclass Nautiloidea

تعد طويئفة النوتيلويدا من الرأسقدميات التى لها صدفة خارجية مقسمة إلى حجرات. والحواجز septa فيها بسيطة وذات حواف ناعمة. وتتمثل هذه الطويئفة بشكل وحيد يعيش الآن هو *Nautilus*، وبأعداد كثيرة من الأشكال المتحفرة.

وتتكون صـدفة جنس *Nautilus* من كـربونات الكالسيـوم، وتلتف الصـدفة لفـا حلزونيا مسطـحا (شكل ١٢٨). ويقسم داخل الصدفة إلى سلـسلة من الحجرات تفصلها حواجز جيرية septa ويسمى خط الاتصال بين الحواجز والسطح الداخلى للصدفـة باسم خط الدرز suture line ولا يمكن رؤية خطوط الدرز (انظر شكل ١٢٩) إلا إذا أزيلت الصدفة الخـارجية، لكن يمكن رؤيتهـا على القالب الداخلى لكثير من حفريات الرأسقدمـيات، وخطـوط الدرز مهمة فى تصنيف النوتيلويدات والأمـونيدات. وتتـميـز النوتـيلويدات بخطوط درز بسـيطة منحنيـة بلطف، لكن الأمونيدات تتميـز بخطـوط درز أكثر تعقيدا وأكثر تعـرجا. وبالرغم من أن صدفة جنس نوتلس وهو الوحـيد الذى يعيش حـتى الآن هى من النوع الملتف Coiled، فإن أشكالا قديمة سابقة كانت غير ملتفة أو كانت أصدافها مخروطية الشكل. وقد بلغ طول بعض أشكال النـوتيلويدات القديمـة فى حـقب الحيـاة القـديمـة المبكـر حوالى خمـسة عشر قدما. وقـد جمعت أقدم حفريات مـعروفة للنوتيلويدات من صخور الكمبرى السـفلى، وكانت شائعة بدرجة أكبر خلال حـقب الحياة القديمة



شكل (١٢٨)
المورفولوجيا والأجزاء الرئيسية للصدفة النوتية اللؤلؤية



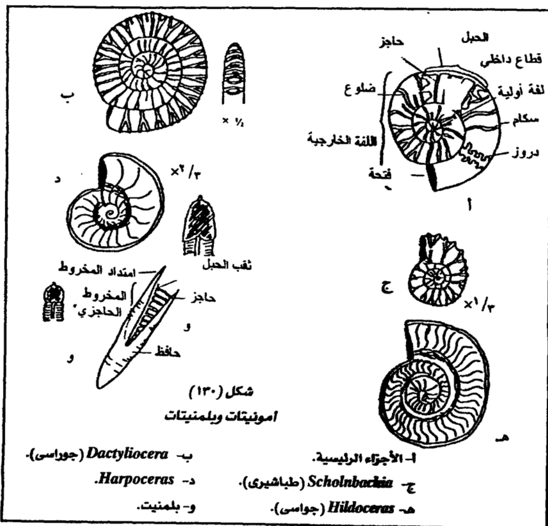
شكل (١٢٩)
نمط الدروز المميزة للرأسقدميات
أ- نوتيلى. ب- جونياتيتى.
ج- سيراتيتى. د- امونيتى.

أكثر مما هى عليه الآن. وكان جنس *Orthoceras* من الأشكال الشائعة المستقيمة أو المنحنية انحناءً بسيطا، وقد استمر انتشاره من الدور الأردوفيشى حتى الدور الترياسى.

• طويئفة الأمونيدات Subclass Ammonoidea

أعضاء هذه الطويئفة من الرأسقدميات المنقرضة وهى ذات علاقة قربى بالنوتيلويدات، لكنها تتميز بنظام لخطوط الدرز أكثر تعقيدا .

ولهذه الطويئفة صدفة خارجية متجزئة partitioned، وقد تكون مستقيمة، أو منحنية، أو ملتفة لفا حلزونيا (شكل ١٣٠) وقد بدأ أول ظهورها فى الدور الديفونى، وكانت متنوعة ومنتشرة إبان حقب الحياة المتوسطة ثم ما لبثت أن انقرضت بنهاية الدور الطباشيرى.



شكل (١٣٠)
امونيتات وبلمنيتات

أ- الأجزاء الرئيسية. ب- *Dactyliocera* (جوراسى).
ج- *Scholnbachia* (طباشيرى). د- *Harpoceras*.
هـ- *Hildoceras* (جواسى). و- بلمنيت.

ويوجد فى طويئفة الأمونيدات ثلاثة أنماط من خطوط الدرز: الدرز الجونياتيتى goniatitic (وهو خط درز منحنٍ وزاوٍ) وخط الدرز السيراتيتى ceratitic، (وهو منحنٍ وبه عدد أكبر من الفصوص بعضها مشرشر مثل الأسنان)، والنمط الثالث هو خط الدرز الأمونيتى ammonitic وهو أكثر تعقيدا من النوعين السابقين . وحفريات الرأسقدميات ذات خط الدرز الأمونيتى يمتد مداها الزمنى من الدور الكربونى إلى الدور الطباشيرى وكانت أكثر الرأسقدميات انتشارا فى حقب الحياة المتوسطة. وتتميز الكلمينيدات *Clymeniids* ونموذجها *Clymenia* بأنها مجموعة فريدة يكون اتجاه اللف فيها على عكس ما فى الأمونيتات Ammonites جميعا، وكذلك كان لها ممص siphuncle عند الحافة الداخلية (شكل ١٢٨). وتتميز الجونياتيتات بخطوط درز بسيطة، وفيما يلى ذكر لبعض الأمونيتات والتى تعد من الأشكال المنتشرة.

Dactylioceras	***Ceratites***	***Amaltheus***
Hildoceras	***Harpoceras***	***Hamites***
Phylloceras	***Lytoceras***	***Hoplites***
Turrilites	***Stephanoceras***	***Schloenbachia***

ويلاحظ أن جنس *Turrilites* كان ذا شكل حلزونى.

• طويئفة الكوليات Subclass Coleoidea

تتميز هذه الطويئفة من الرأسقدميات بأن لها صدفة داخلية أو لا توجد لها صدفة على الإطلاق، وتشمل هذه الطويئفة الحبّار والأخطبوط وكذلك البلمنيتات المنقرضة. ويبدو أن البلمنيتات تمثل بقايا حفريات كائن حى يشبه السمك الحبّار الموجود حاليا. وقد سميت البلمنيتات «أصابع الأحجار» finger stones نظرا لشكلها المميز؛ كذلك يطلق عليها حفريات السيجار fossil cigar. ويمتد المدى الزمنى لهذه الطويئفة من الدور الكربونى حتى الدور الطباشيرى، وتوجد أنواع معينة من هذه الطويئفة تُستخدم حفريات مرشدة لدورى الجوراسى والطباشيرى.

•شعبة الديدان الحلقية Phylum Annelida

الديدان الحلقية ديدان شدفية (يتكون جسمها من عُقَل) كدودة الأرض الشائعة وتعيش هذه الديدان فى البيئات البحرية والمياه العذبة وكذلك على البر. ويظهر أن هذه الديدان كانت منتشرة بكثرة خلال معظم التاريخ الجيولوجى، ولما كانت هذه الديدان لا تحتوى على أجزاء صلبة، فلم تترك من بقاياها سوى أدلة صغيرة عن أنشطتها فى الماضى الجيولوجى. ومع ذلك فقد تركت بعض الديدان الحلقية بقايا عبارة عن أنابيب جيرية calcareous tubes وفكوك وأسنان كيتينية تسمى scolecodonts وكذلك تركت حجورا burrows وثقوبا borings .

وقد عثر على بقايا غير مشكوك فيها للديدان الحلقية فى صخور يمتد عمرها الجيولوجى من الدور الكمبرى حتى العصر الحديث. ومن المحتمل أن يكون وجود بعض الآثار والحفر tracks and burrows التى عثر عليها فى صخور لحقب ما قبل الكمبرى، من الأدلة على وجود الديدان الحلقية فى فترة سبقت الدور الكمبرى .

•شعبة المفصليات Phylum Arthropoda

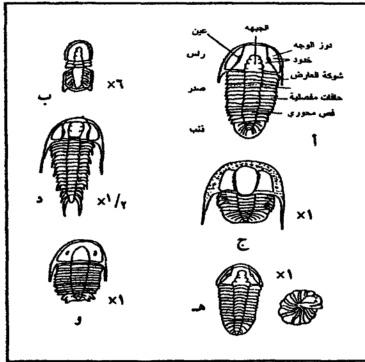
تضم هذه الشعبة إحدى أكثر مجموعات اللافقاريات تقدما. وهى معروفة منذ الدور الكمبرى حتى العصر الحديث. ويمثل هذه الشعبة فى العصر الحالى سرطان البحر crabs، والروبيان shrimps وجراد البحر crayfish، والحشرات insects، وكذلك العنكبوت spider.

وتختلف المفصليات فى أشكالها وأحجامها اختلافا واسعا وتعد من أكثر الأصناف انتشارا فى عالم الحيوان. وقد أقلمت نفسها على المعيشة فى كل الظروف والبيئات سواء على البر أو فى الماء أو فى الهواء.

وبالرغم من أهميتها الهائلة فى الوقت الحالى، إلا أن ما يهتم به المختص بعلم الحفريات القديمة «الباليتولوجيا» مجموعات قليلة من شعبة المفصليات وهى: الترايلوبيتات subclass triobita «ثلاثيات الفصوص"، والأستراكودات subclass ostracoda، وعقارب البحر eurypterids.

•الترايلوبيتات Trilobites

هذه أعضاء من طائفة الترايلوبيتات Trilobita التى تنتمى إلى شعيبة الترايلوبيتومورفا Trilobitomorpha. والترايلوبيتات مفصليات بحرية بدون استثناء. وتأخذ هذه المجموعة اسمها من كون الجسم منقسما إلى ثلاثة أقسام: (tri= 3, lobe= part). ويوجد الجسم داخل هيكل خارجى من مادة الكيتين، ويتكون أيضا من ثلاث مناطق: منطقة وسطى(الفص المحورى) ومنطقتان (فصان) جانبيان (شكل ١٣١) وينقسم الجسم أيضا من الأمام إلى الخلف إلى الرأس cephalon والصدر thorax، والذنب pygidium. وفى بعض الأنواع تترتب شدف الصدر بطريقة تسمح للحيوان بأن يلتف على هيئة كرة. وقد عثر على كثير من الترايلوبيتات فى هذا الوضع (شكل ١٣١).



شكل (١٣١)

الترايلوبيتات

أ- الأجزاء الرئيسية. ب- *Agnostus* (باليوزوى سفلى).

جـ- *Trinucleus* (اردوفيشى). د- *Paradoxides* (كمبرى).

هـ- *Calymene* (سيلورى). و- *Angelina* (اردوفيشى).

وقد بذلت محاولات عديدة لتصنيف الترايلوبيتات على أساس أنها إما أن تكون متساوية الذنب isopygous (أى أن ذَنَبها مساوٍ لرأسها فى الحجم)، أو أنها تكون عمياء blind (ليس لها عيون)، أو على أساس وضع درز الوجه facial suture. وفيما يلى أسماء قليل من الترايلوبيتات الشائعة:

Acidaspis, Agnostus, Angelina, Asaphus, Calymene

Olenellus, Olenus, Paradoxides, Phacops, Trinucleus

ويمتد المدى الجيولوجى للترايلوبيتات من الدور الكمبرى حتى الدور البرمى. وكانت الترايلوبيتات منتشرة بصفة خاصة خلال بعض الفترات الزمنية فى حقب الحياة القديمة المبكر.

• الأستراكودات Ostracods

تضم طائفة الأستراكودات ostracoda مفصليات دقيقة ثنائية المصراع. وتنتمى هذه الطائفة إلى شعيبة القشريات sub-phylum crustacea والتى تضم أيضا سرطان البحر crabs والروبيان shrimps وجراد البحر lobsters and cray fish. وتشبه الأستراكودا من الخارج المحاريات ثنائية المصراع الصغيرة small clams، فهى قشريات مائية صغيرة (شكل ١٣٢)·وعلى أى حال فالحيوان الموجودة فى صدفته له كل الصفات المتكاملة للمفصليات. ويمتد المدى الزمنى للأستراكودات من الدور الأردوفيشى إلى العصر الحديث.

وتعد الأستراكودات من الحفريات الدقيقة المفيدة نظرا لحجمها الصغير.

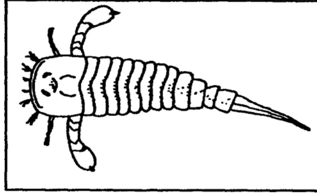


شكل (١٣٢)

أستراكودا من الباليوزوى (مكبرة جدا)

• العقارب البحرية Eurypterids

ألحقت هذه المفصليات المنقرضة بطائفة ذوات الشغيرات class merostomata التى تتبع شعيبة الكلاّبيات sub-phylum chelicerata التى تضم العقارب scorpions، والعنكبوت spider والسوس mites، والقراد ticks، وكذلك سرطان البحر الملك king crab. وكانت العقارب البحرية Eurypterids تتخذ أشكالا مائية تشبه العقارب البرية المعتادة وتتميز بزوائد تشبه الجناح العريض الممتد (شكل ١٣٣). ويعتقد أن بعضها كانت له غدة للسم وزبانى للدغ.



شكل (١٣٣)

Eurypterid، من مفصليات الباليوزوى المبكر

وبالرغم من عدم شيوع هذه المفصليات المنقرضة كحفريات، إلا أنها توجد فى بعض صخور الدور السيلورى والدور الديفونى فى تكويناتهما المحلية، ويمتد عمرها الجيولوجى من الأردوفيشى المبكر إلى الدور البرمى.

• شعبة الجلدشوكيات Phylum Echinodermata

تشمل الجلدشوكيات مجموعة كبيرة من الحيوانات البحرية بدون استثناء، معظمها له تماثل خماسى مميز. والحيوان فى حد ذاته معقد إلى حدٍ ما، وله هيكل يتكون من ألواح جيرية عديدة ملتحمة بعضها مع بعض بطريقة معقدة وتغطيها من الخارج طبقة جلدية تسمى الغلاف integument . وكثير من الجلدشوكيات له جسم يشبه النجمة تماما، لكن هناك أنواعا تأخذ شكل القلب heart- shaped أو شكل الكعكة أو شكل الخيار. وحفريات الجلدشوكيات واسعة الانتشار فى الصخور الرسوبية البحرية فى كل العصور.

وقد قسمت شعبة الجلدشوكيات إلى شعيبتين sub-phyla: هما الجلدشوكيات الجالسة Pelmatozoa، والجلدشوكيات الهائمة Eleutherozoa .

- شعيبة الجلدشوكيات الجالسة Sub-phylum Pelmatozoa

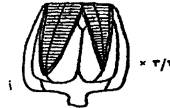
هذه هى الجلدشوكيات التى تلتصق عموما بقاع البحر بواسطة ساق من مواد جيرية تتكون من قطع هيكلية قرصية الشكل ضئيلة الحركة.

والمدى الجيولوجى لهذه الشعيبة يبتدئ من الدور الكمبرى حتى العصر الحديث، لكنها تنتشر بشكل خاص كحفريات فى صخور حقب الحياة القديمة مع أنها لم تستخدم كحفرية نطاقية إلا فى حالة وحيدة فى الطباشير chalk من حقب الحياة المتوسطة Mesozoic.

وبالرغم من تقسيم الجلدشوكيات الجالسة إلى طوائف عديدة، إلا أننا سنذكر فى هذا الكتاب ثلاث منها فقط، هى: طائفة الكيسيات Cystoidea وطائفة البرعميات Blastoidea وطائفة الزنبقانيات Crinoidea. وجميع الجلدشوكيات الجالسة منقرضة تماما ماعدا طائفة الزنبقانيات .

- طائفة الكيسيات Class Cystoidea

هذه طائفة بدائية منقرضة من الجلدشوكيات، وكانت منتشرة نسبياً خلال حقب الحياة القديمة المبكر. وتتميز الكيسيات بأن لها كأسا calyx ذات شكل كروى أو كيسى (وهو الهيكل الأساسى) الذى يتكون من ألواح جيرية عديدة تترتب بلا نظام (شكل ١٣٤ أ) وكان الحيوان يلتصق بقاع البحر بواسطة ساق





شكل (١٣٤)
جلد شوكيات جالسة
أ- كيسيات.   ب- برعميات.

قـصيـرة. وكانت الكيـسـيات متـشرة بصـفـة خاصـة فى الدورين الأردوفيـشى والسيلورى، لكن مداها الزمنى يمتد من الكمبرى حتى الديفونى.

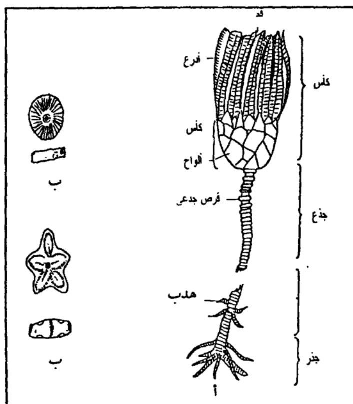
• طائفة البرعميات Class Blastoidea

أعضـاء هـذه الطائفـة من الجلدشوكيات المنقـرضة، كانت لها سوق قـصيرة متصلة بكأس صغـيرة متماثلة وعلى شكل البرعم. ويوجـد الفم بالقرب من مركز الكأس وتحيط به خمس فتـحات تسمى الفتحات الخيـشومية spiracles وتتفرع من الفم خـمسـة مجـار غذائيـة «food grooves» ممتدة إلى أسـفل. والمدى الزمنى للبرعـميات يمتـد من الدور الأردوفيشى حتـى الدور البرمى، لكنها كانت شـائعة الانتشار بصفة خاصة خلال الدور الكربونى .

• طائفة الزنبقانيات Class Crinoidea

تسمى عادة باسـم زنابق البحر sea-lilies لأن مظهرها يشبه الزهور. وهى الطائفـة الوحيدة من الجلدشـوكيـات الجـالسة التـى لاتزال مـوجودة حـتى اليوم. ويتكون الكأس الزنبـقـانى crinoid calyx من ألواح عـديدة مـرتبـة بنظام تماثلى symmetrically arranged. ومعظـم الزنبـقانيات لهـا جزع طويل (شكل ١٣٥)، أما بقية الزنبقانـيات فتسبح بحرية free-swimming فى مرحلة النضوج، وتلتصق فقط فى الأطوار الأولى من نموها. وللزنبقـانية النموذجية كأس يشـبه الفنجان وله خمسة مجار تتشعع منه وتخرج من المركز فى اتجاه الخارج، وتستخدم هذه المجارى فى إمـداد الفم بالغذاء، وتمتـد هذه المجـارى على طول الأذرع المعقـدة. ويتكون الجذع stem من ساق طـويلة مرنة تتكون من قطع جـيرية عـديدة تشبـه الأقراص تسمى الأقراص الجـذعية columnals. والقرص الجذعى مـستدير أو على شكل النجمة؛ ويوجـد فى كل قرص ثقب عند المركز. وتنفصل هذه الأقراص الجـذعية عندما يموت الحيوان وتوجـد أحجار جيرية معينة من حقب الحيـاة القديمة تحتوى كميات كبيرة من هذه الأقراص الجذعية، ولذلك تسمى الأحجار الجيرية الزنبقانية. وتلتصق جـذوع الزنبقانيـات بقاع البحـر بواسطة مواسك؛ وهى بنيات تتـفرع من الجذع إلى الرواسب المحيطـة وتعمل على ربط الحيوان بقاع البـحر. والمدى الزمنى للزنبقانيات يبدأ من الدور الأردوفيشى حتـى العصر الحديث. وتنتشر بقاياها بوفرة

فى طبقات حقب الحياة القديمة. وغالبية الزنبقانيات التى تعيش الآن من الهائمات ولا سوق لها stemless، وتسمّى نجوم الريش "feather - stars".



شكل (١٣٥)

زنبقانيات

أ- الأجزاء الرئيسية. ب- أقراص جذعية.

• شعيبة الجلدشوكيات الهائمة Sub- phylum Eleutherozoa

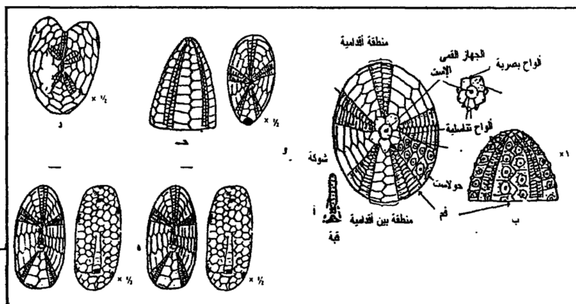
تعيش هذه الشعيبة من الجلدشوكيات الهائمة غير مثبتة وتسبح بحرية على القاع. ولقد قسمت هذه الشعيبة إلى ثلاث طوائف هى: طائفة النجميات Stelleroidea (الأسماك النجمية starfishes، والنجوم الهشة brittle stars)، وطائفة القنفذانيات Echinoidea (قنافذ البحر sea-urchins)، وطائفة الخياريات Holothuroidea (خيار البحر Sea-Cucumbers). ومن بين هذه الطوائف الثلاث تعد القنفذانيات أهمها من الناحية الحفرية.

•طائفةالنجميات Class Stelleroidea

النجميـات طائفة من الجلدشوكـيات حرة الحركة ولهـا شكل نجمى، وتضم أشكالا مالوفة مثل الأسـماك النجمية starfishes والنجوم الثعبانية serpent stars أو النجوم الهشة. وبالرغم من عدم وجود حفـريات مفيدة بين هذه المجموعة، إلا أن مداها الچيولوچى طويل ويمتد من الدور الأردوفيشى حتى الحديث.

•طائفةالقنفذانيات Class Echinoidea

تضم هذه الطائفة مجموعة من الجلدشوكيات الهائمة غير المثبتة والتى تتكون أجـسامـها من ألواح جيـرية عديدة وأشـواك. ولا توجـد فى أفراد هذه الطائفـة امتدادات متشععة تشبه الذراع كـما هو الحال فى طائفة النجميات، لكن أجسامـها تـتخـذ أشكـالا قـرصيـة أو قلبـيـة أو كعـكية أو كـروية (شكل ١٣٦) وتشـمل



شكل (١٣٦)

القنفذانيات

أ- الأجزاء الرئيسية.

ب- *Cidaris* (منتظم-جوراسى-طباشيرى).

ج- *Conulus* (غير منتظم-طباشيرى).

د- *Micraster* (غير منتظم-طباشيرى).

هـ- *Echinocorys* (غير منتظم-طباشيرى.

و- *Clypeus* (غير منتظم-جوراسى).

القنفذانيات الحـديثة أشكالا مألوفة مثل قنافـذ البحر sea-urchins والقنافذ القلبية heart-urchins.

وتتكون الدرقة (الهيكل الخارجى) فى القنفذانيـات من ألواح جيرية ملتحمة بعضـها مع بعض بطريقة معـقدة، وتضم الجزء الرخو للحـيوان لتَحمـيه. ويغطى الدرقة من الخارج عدد وافـر من الأشواك المختلفة الحجم التى تستخـدم للمساعدة على الحركة وتدعـيـم الدرقة وحمـايتـها. وتقسم القنفـذانيات إلى رتبتـين هما: القنفذانيات المنـتظمة أو المنتظمات regularia، والقنفذانيـات غير المنتظمة أو غـير المنتظمات irregularia. والقنفذانيات المنتظمة مستديرة الشكل وتوجد الإست anus فى المركز وتماثل الدرقـة شعاعى تمامـا. وتوجد هذه الرتبة من الدور الأردوفـيشى فصاعدا. ومن بين الأجناس التى تضمها هذه الرتبة:

Archaeocidaris, Cidaris, Echinus, Hemicidaris, Melonechinus

وتفقد القنفذانيـات غير المنتظمة التماثـل الشعاعـى (نتـيجة لتحرك الإست، وتحرك الفم غـالبا)، لكنها تظهـر تماثلا ثنائيا جانبـيا ولا توجد غيـر المنتظمات فى حـقب الحيـاة القـديمـة، لكنها تـنتشـر بوفـرة فى صخـور الدورين الجـوراسى والطباشيرى، وتستـخدم على نطاق واسع كحفريات نطاقية فى الطبـاشيرى وأشهر ثمانية أجناس من غير المنتظمات هى:

Clypeaster, Conulus, Discoidea, Echinocorys, Holaster, Holectypus, Micraster, Pygaster.

• طائفة الخياريات Class Holothuroidea

يتـمـيـز خـيار الـبحـر بجـسـمـه الذى يشـبـه الكيس أو ثمـرة الخـيار cucumber-shaped، ولا تحفظ الخيارات كحفـريات نظرا لعدم وجود أجزاء صلبة فيهـا، باستثناء قضبان أو ألواح جـيرية صغيرة تسـمى العُظَيْمات ossicles . وقد سـجل وجـود هـذه العظيـمات من قـديم فى صـخور الدور الكربونى. كـذلك وجدت آثار أو أشكال تشبـه خيـار البحـر من صخـور الكمبرى الأوسط فى كندا. ويشكل خيار البحـر جـزءا بسيطـا من الحيوانات البحرية الموجودة حاليا.

• شعبة الحبليات Phylum Chordata

يتميز أعضـاء هذه الشعبة بوجود جهاز عصبي مـتطور جدا، وبجسم تدعمه عظام أو غضاريف أو عمود فقرى spinal column. ومن بين شعيبات الحبليات العديدة، يهمنا كـمختصين فى علم الحفـريات، شعيبتـيـن هما: نصف الحبليـات Hemichordata (التى تضم الجرابتوليتات المنقـرضة)، والفقاريات (التى تشمل كل الحيوانات التى لها عمود فقرى backbone.

- شعيبة نصف الحبليات Sub- Phylum Hemichordata

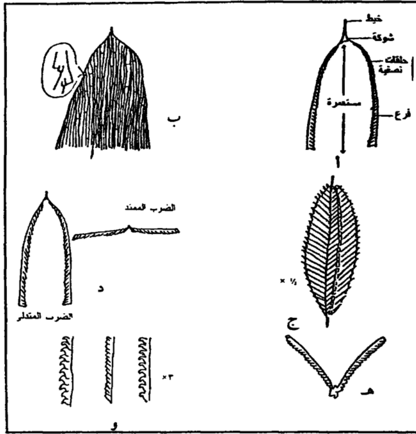
لا يوجد فى شـعيبة نصف الحـبليات عمـود فقرى حقـيقى، ولكنها تتمـيز بوجود حبل ظهرىnotochord يمتد بطول الجسم. وتعد طائفـة الجرابتوليثينا هى المهمة من الناحية الباليتنولوجية.

• طائفة الجرابتوليثنيات Class Graptolithina

الجرابتوليثنيات مجموعة من الحيوانات المنقرضة التـى كانت تعيش على هيئة مسـتعـمرات colonial animals، وكانت منـتشرة خـلال حقب الحـياة القـديمة المبكر. وتتمـيز بهيكل خـارجى كيتـينـى، يتكون من صفـوف من كؤوس وأنابيب تأوى الحيوان الحى، وهذه تنمـو على طول سوق منفردة أو متـفرعة (شكل ١٣٧) كانت تلتصق بالصخور أو بالأعشاب البـحرية أو بأية أجسام غريبة. وكانت بعض الجرابتوليتات تلتصق بالأجسام الطافية وهذا ساعد على أن يكون لها انتشار واسع. وتقسم الجرابتوليثينات إلى عـدة رتب؛ أهمها رتبة الشجرانيات Dendroidea ورتبة الجرابتوليتويدات Graptolitoidea.

وتعد الـشجرانيـات من الجرابتـوليتـات عديدة التـفرع ولهـا ثلاثة أنماط من الأغلفة sheaths. وقد تتـصل الأفرع من الداخل بواسطة نسيج فاصـل أو حاجز dissepiment. والمدى الزمنى للشـجرانيات يـبدأ من الدور الكمبـرى حتى الدور الديفونى، ومن أكثر الأمثلة انتشارا:

Colonogrptus, Callograptus, Dictyonema, Dendrograptus.



شكل (١٣٧)

الجرابتوليتات

أ- الأجزاء الرئيسية. ب- *Dictyonema* (باليوزوى سفلى).
ج- *Phyllograptus* (أردوفيشى). هـ- *Dicellograptus* (أردوفيشى).
د- *Didemograptus* (أردوفيشى). و- *Monograptus* (سيلورى).

والجرابتوليتويدات لها عدد أقل من الأفرع (فرع أو فرعين أو أربعة أفرع فى العادة) ولها أغلفة أقل عددا. وهى مميزة لصخور الدورين الأردوفيشى والسيلورى. وتضم هذه الجرابتوليتات أجناسا شائعة كثيرة، نذكر منها:

Glimacograptus, Bryograptus, Dicellograptus

Cytrograptus, Didymograptus, Dicranograptus

Phyllograptus .Monograptus, Diplograptus, Retiolites, Rastrites,

ولقد كانت هناك شكوك حول الوضع التصنيفى لهذه الحيوانات التى وضعت فى التقسيمات القديمة على أنها من الهدريات Hydrozoa أو الفنجانيات

Scyphozoa أو الجرابتوزوات Graptozoa التى تنتمى إلى شعبة الجوفمعويات Coelentrata، لكن الدراسات الحديثة ترى أن الجرابتوليتات هى نوع من الحبليات المنقرضة.

وقد سجل وجود الجرابتوليتات فى صخور من الدور الكمبرى حتى الدور الكربونى، وهى مفيدة بصفة خاصة كحفريات مرشدة فى أنواع معينة من الطفلة السوداء من عصرى الأردوفيشى والسيلورى حيث تحفظ بقاياها عادة على هيئة آثار كربونية مبططة.

- شعيبة الفقاريات Sub-Phylum Vertebrata

تعد الفقاريات أكثر الأنواع تطورا فى شعبة الحبليات، وتتميز بوجود جمجمة، وهيكل داخلى من العظام أو الغضاريف وكذلك عمود فقرى vertebral columm عظمى أو غضروفى. وتقسم هذه الشعيبة عامة إلى فوق طائفتين Superclasses هما الأسماك pisces وما يشبهها؛ وفوق طائفة ذوات الأربع Tetrapoda؛ بما فيها الثعابين التى لها أقدام آثارية ولا وظيفة لها.

وبالرغم من أن الجيولوجيين يقومون بالمضاهاة الحفرية paleontological correlations باستخدام الحفريات اللافقارية invertebrale fossils، إلا أن بقايا الفقاريات أمدتهم بمعلومات باليتولوجية مفيدة كانوا فى أشد الحاجة إليها. وبالإضافة إلى ذلك فإن حفريات فقارية مثل بقايا الدينوصورات dinosaurs والأسماك العملاقة giant fishes والماموثات mammoths والنمور المسيَّفة الأسنان sabre-toothed tigers وغيرها، تعد من أكثر الحفريات تشويقا ومن أكثرها إبهارا.

• فوق طائفة الأسماك Superclass Pisces

توصف فوق طائفة الأسماك بأنها أبسط أنواع الحيوانات الفقارية، وتضم حيوانات مائية حرة الحركة ومن ذوات الدم البارد cold-blooded؛ وهذا يعنى أنها تحتفظ بدمها فى درجة حرارة الوسط المائى الموجودة فيه. ويتنفس معظم أعضائها عن طريق الخياشيم gills (باستثناء الأسماك التى تتنفس عن طريق الرئة

والموجودة فى أستراليا وأفريقيا) فهى حالات استثنائية شاذة، حيث تتنفس بواسطة رئات بدائية تطورت عن المثانة الهوائية swim bladder. وفيما يلى وصف مختصر للطوائف الأربعة المعروفة فى معظم التقسيمات الحديثة للأسماك:

• طائفة اللافكيات Class Agnatha

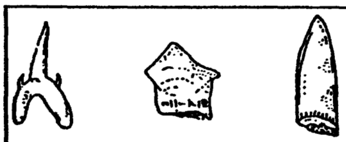
تضم هذه الطائفة الأسماك البدائية التى لافكوك لها jawless، وتمثلها تلك الأشكال التى لا تزال موجودة مثل سمك الجلكا lamprey والجريث (السمك المفترس) hagfishes. وكان أول ظهور اللافكيات ممثلا بالجلدعظيمات ostracoderms، فى الدور الأردوفيشى وانقرضت بنهاية الدور الديفونى، وكانت هذه الأسماك التى يعتقد أنها تمثل بداية ظهور الفقاريات، تتميز بوجود دروع عظمية تحمى جسدها من الخارج.

• طائفة الأسماك العظمية المدرّعة Class Placodermi

تضم هذه الطائفة الأسماك الفكية البدائية jawed fishes ومعظم أفرادها مدرعة بدرجة عالية. وكانت هذه الأسماك تشبه القرش sharklike، وقد بلغ طول الواحدة منها ٣٠ قدما. وقد ظهرت لأول مرة فى الدور السيلورى ثم انقرضت مع نهاية الدور البرمى.

• طائفة الأسماك الغضروفية Class Chondrichthyes

يتميز أعضاء هذه الطائفة بهيكل غضروفى، ومن أمثلتها القروش sharks، والسمك المفلطح الطويل الذيل skates، وسمك الراى (الشُّفْنين البحرى) ray. وقد ظهرت أفراد هذه الطائفة فى الدور الديفونى واستمرت موجودة حتى وقتنا هذا. وتنتشر حفريات أسنان القرش fossil shark teeth (شكل ١٣٨)، فى



شكل (١٣٨)
أسنان قرش متحفرة

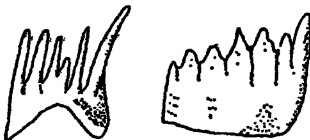
صخور معينة لتكاوين حقب الحياة المتوسطة والحديثة، فمثلا وجدت فى بريطانيا فى صلصال بارتون من عصر الإيوسين فى منطقة هامبشاير.

• طائفة الأسماك العظمية Class Osteichthyes

تمثل هذه الطائفة الأسماك العظمية الحقيقية وهى أكثر أنواع الأسماك تطورا و انتشارا، وتتميز فى شكلها النموذجى بفكوك متطورة وهيكل عظمى داخلى ومثانة هوائية وكذلك بقشور متراكبة تغطى سطحها الخارجى.

وتوجد بقايا الأسماك المتحفرة في العادة على شكل أسنان وعظام وحراشيف scales أحيانا مع هيكل محفوظ. والمدى الزمنى لهذه الأسماك العظمية من الدور الديفونى حتى العصر الحديث.

وتسمى الحفريات التى تشبه الأسنان ولها لون الكهرمان باسم كونودونت conodonts (شكل ١٣٩)، ويعتقد أنها تمثل الجزء الصلب لأنماط معينة من الأسماك المنقرضة. وبالرغم من عدم تأكد علماء الحفريات من طبيعة الحيوان الذى تمثله هذه الحفريات الغريبة، فإن حجمها الصغير ومداها الأستراتجرافى المحدود يجعلاها من الحفريات الدقيقة المفيدة. وقد ظهرت في الدور الديفونى مجموعة الكروسوبيتيرجيان crossopterygians وكانت لها زعانف تشبه الفصوص، وكان من بينها الكولاكانثات coelacanths. وكان يعتقد أن هذه المجموعة قد انقرضت منذ ٧٠مليون سنة، إلا أنه فى عام ١٩٣٨ اصطيد فرد من الكولاكانثات من مضيق موزمبيق بأفريقيا الجنوبية، ومنذ ذلك التاريخ عثر على عدد قليل من العينات والتى حفظت جيدا.



شكل (١٣٩)
كونودنتس ×٣٠

• فوق طائفة ذوات الأربع Superclass Tetrapoda

تمثل هذه الطائفة أرقى أنواع الحبليات، وتتميز بأن لها رئات، ولها قلب يتكون من ثلاث أو أربع حجرات. كما أن لها أطراف مزدوجة paired appendages. وتقسم ذوات الأربع إلى أربع طوائف هى طائفة البرمائيات (الأمفيبيا Amphibia (الضفادع frogs وضفادع الطين toads والسلمندر salamanders)، وطائفة الزواحف Reptilia (السحالى lizards والثعابين snakes والسلاحف turtles)، وطائفة الطيور Aves، وطائفة الثدييات Mammalia (الثدييات مثل الإنسان والكلاب والخفافيش bats والحيتان whales).

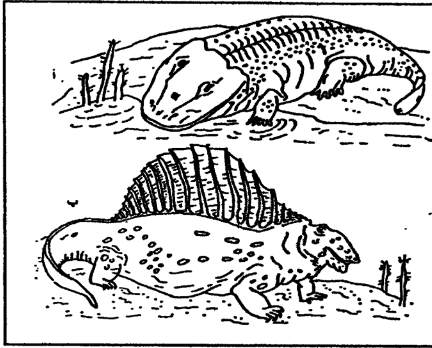
• طائفة البرمائيات Class Amphibia

من أمثلة البرمائيات المنتشرة الضفادع والسلمندر، وهى من ذوات الدم البارد وتتنفس أساسا بواسطة الرئة، وتقضى معظم حياتها على البر، لكنها تعيش فى الماء خلال المراحل المبكرة لتطورها، حيث تتنفس بواسطة الخياشيم gills.

وتعد البرمائيات أول الحيوانات رباعية الأقدام التى تطورت وظهرت فى الدور الديفونى المتأخر، وتنتشر حفرياتها بوفرة نسبيا فى صخور أدوار الكربونى والبرمى والترياسى (شكل ١٤٠). وقد خطت البرمائيات خطوة عظيمة بغزوها البر، لكنه كان عليها أن تعود إلى الماء لتضع بيضها. وفيما بعد، عادت بعض أشكالها لتعيش فى الماء بصفة دائمة. إن قدرة الحيوان على وضع بيض له قشرة، تتطلّب إخصابا داخليا، وقد تحقق ذلك فى أخلاف البرمائيات من الزواحف. وتوجد بعض الأشكال تجمع بين خصائص البرمائيات والزواحف معا، وهذا أمر يجعل من الصعب وضعها فى أى من المجموعتين.

• طائفة الزواحف Class Reptilia

تطورت الزواحف عن البرمائيات وتأقلمت على الحياة الدائمة فوق البر. ولم تعد فى حاجة إلى الاعتماد على البيئة المائية، وهى من ذوات الدم البارد، وتتميز عادة بجلد ذى حراشيف. وفى الأزمنة القديمة، كانت الزواحف منتشرة أكثر مما هى عليه فى الأزمنة الحالية. وكانت لها أشكال وأحجام مختلفة عبر الماضى الجيولوجى.



شكل (١٤٠)

برمائيات

أ- إيريوبس *Eryops* (برمى). ب- ديمترودون *Dimetrodon* (برمى).

وتضم التصنيفات الحديثة للزواحف عددا كبيرا من الرتب، لكننا فى هذا الكتاب سنذكر وصف أهم هذه الرتب باختصار:

- الكوتيلوصورات **Cotylosaurs**

هذه زواحف بدائية، وبالرغم من احتفاظها ببعض صفات البرمائيات، إلا أنها تأقلمت على المعيشة فى البر بصفة مطلقة. وعاشت هذه الرتبة خلال الدورين الكربونى والبرمى، وانقرضت خلال الدور الترياسى.

- السلاحف **Turtles and Tortoises**

أجسام هذه السلاحف مغطاة بكاملها بألواح عظمية، ومداها الجيولوجى من الدور الترياسى المتأخر حتى الآن، ولو أن هناك دليلا مشكوكا فى صحته عن وجود زواحف تشبه السلاحف فى الدور البرمى، وكانت هناك سلاحف من حقب الحياة الحديثة بلغ طول الواحدة منها ثلاثة أو أربعة أقدام. وهناك سلاحف مؤكدة من الدور (العصر) الطباشيرى بلغ طول الواحدة منها اثنتا عشرة قدما.

- الزواحف الشراعية Pelycosaurs

هذه مجموعة من زواحف حقب الحياة القديمة المتأخر، وكان بعضها يتميز بوجود زعنفة تشبه الشراع على الظهر.

- الزواحف شبيهة الثدييات Therapsids

تضم هذه الرتبة مجموعة من الزواحف التى تشبه الثدييات والتى تأقلمت على المعيشة فى البر. وبالرغم من عدم أهمية هذه الرتبة من الناحية الحفرية، لكن دراسة بقاياها أمدتنا بمعلومات كثيرة عن أصل الثدييات. والمدى الجيولوجى لهذه الرتبة يمتد من منتصف الدور البرمى حتى منتصف الدور الجوراسى.

- الزواحف السمكية Ichthyosaurs

هذه رتبة من الزواحف البحرية كانت تسمى عظايا (سحالى) السمك وكانت لها رقبة قصيرة وكانت تشبه الأسماك فى مظهرها، وهى تناظر الدولفينات الحديثة، وقد بلغ طول بعض منها ٢٥ إلى ٣٠ قدما، لكن معدل طول الواحد منها يقل عن ذلك بكثير. وقد ظهرت الزواحف السمكية لأول مرة فى منتصف الدور الترياسى وانقرضت فى نهاية الدور الطباشيرى.

- الموزاصورات Mosasaurs

هذه مجموعة أخرى من السحالى البحرية المنقرضة وقد وصل طول الواحدة منها ٥٠ قدما، ويستدل على أنها من آكلات اللحوم من الفم الواسع المملوء بالأسنان والفكوك. وعاشت هذه الزواحف العملاقة خلال الدور الطباشيرى فقط.

- البلسيوصورات Plesiosaurs

كانت البلسيوصورات من الزواحف البحرية التى تتميز بجسم عريض يشبه جسم السلحفاة وزعانف تشبه المجاديف، ورقاب وأذناب طويلة . وبالرغم من أن هذه الزواحف لم تكن مهيأة للسباحة مثل الزواحف السمكية أو الموزاصورات، إلا أن رقابها الطويلة التى تشبه الثعبان كانت مفيدة بما فيه الكفاية لكى تقبض بها على الأسماك والحيوانات الصغيرة التى تأكلها. والمدى الزمنى الذى توجد فيه بقايا البلسيوصورات من منتصف الدور الترياسى حتى الدور الطباشيرى المتأخر.

- الزواحف التمساحية Phytosaurs

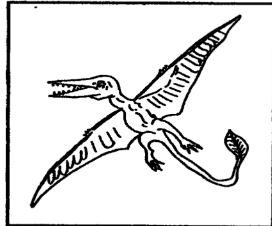
هى مجموعة من الزواحف التى تشبه التماسيح والتى كان يتردد طول الواحد منها بين ستة أقدام وعشرين قدما. وبالرغم من تقارب شكلها مع التماسيح وكذلك تشابه طريقة حياتهما، إلا أن هذا التشابه يعد سطحيا (ظاهريا) فقط، حيث إنهما من مجموعتين مختلفتين من الزواحف. وقد عاشت الزواحف التمساحية خلال الدور الترياسى فقط .

- التماسيح وتماسيح أميركا Crocodiles And Alligators

أقلمت الزواحف التى تنتشر فى الأزمنة المعاصرة نفسها بنفس الطريقة التى سبقت إليه الزواحف التمساحية phytosaurs . وكانت التماسيح crocodiles وتماسيح أمريكا alligators أكبر وأضخم حجما وأكثر انتشارا خلال الدور الطباشيرى مما هى عليه فى عالم اليوم. وقد ظهرت التماسيح لأول مرة. فى الدور الطباشيرى، وظهر تمساح أميركا alligator فى الدور الثالث Tertiary Period.

- الزواحف الطائرة Pterosaurs

كانت هذه زواحف من حقب الحياة المتوسطة وكانت لها أجنحة طويلة تشبه أجنحة الخفافيش، وكانت تدعم هذه الأجنحة أذرع وأصابع طويلة رقيقة (شكل ١٤١) وهذه الزواحف الطائرة كانت مهيأة للعيش فى الهواء (طائرة)· وقد مكنتها خفة أجسامها وأجنحتها العريضة المغطاة بالجلد من القدرة على الطيران، وساعدتها



شكل (١٤١)
بتيروسور، زاحف طائر: *Rhamphorynchus*
(جوراسى)

فى الحركة والانزلاق glide فى الهواء لمسافات كبيرة . وكان أول زاحف طائر قد جُمع من صخور الجوراسى الأسفل، وانقرضت هذه المجموعة بنهاية الدور الطباشيرى. وفى خلال الدور الطباشيرى بلغ طول انتشار أجنحة أنواع هذه الحيوانات إلى ٢٧ قدما، لكن أجسامها كانت ضئيلة (صغيرة) وخفيفة.

• الدينوصورات Dinosaurs

يطلق اسم الدينوصورات (وهو مصطلح جامع collective term) ويعنى السحالى المرعبة terrible lizards على مجموعة من الزواحف التى سادت الحياة فى حقب الحياة المتوسطة لفترة ١٦٥مليون سنة تقريبا. وكانت هذه المخلوقات الغريبة ذات أحجام متباينة، ترددت أطوالها بين أقدام قليلة إلى ٨٥ قدم، وكانت أوزانها تتردد أيضا بين أرطال قليلة إلى أطنان عديدة وربما بلغت الواحدة منها ٤٥ طنا فى الوزن. وكانت بعض الدينوصورات من أكلة اللحوم carnivorous، لكن معظمها كان من أكلة النباتات herbivorous. وكانت بعض أشكالها من ذوات القدمين bipedal (تمشى على أطرافها الخلفية) بينما كان البعض الأخر من ذوات الأربع Quadrupedal (يمشى على أربعة أرجل). وبالرغم من أن معظم الدينوصورات كانت تعيش على البر، إلا أن بعض أنواعها كانت تعيش فى الماء أو فى بيئة شبه مائية semiaquatic.

وقد صنفت الدينوصورات فى رتبتين على أساس بنية عظام الفخذ، وهما: رتبة زوريشيا Saurischia (ويكون فيها الزِّنار الحوضى pelvic girdle مشابها لمثيله فى السحالى ورتبة أورنيثيشيا Ornthischia التى يكون فيها الزنّار الحوضى مشابها لما فى الطيور.

- الدينوصورات الزوروشية Saurischian Dinosaurs

كانت هذه الدينوصورات واسعة الانتشار بصفة خاصة فى الدور الجوراسى، وكانت تتميز بأن عظام الفخذ hip-bones فيها تشبه تلك التى للسحالى الحديثة. وقد اكتشفت هذه الدينوصورات لأول مرة فى صخور الدور الترياسى، ولم تنقرض حتى نهاية الدور الطباشيرى. وتقسم رتبة الدينوصورات الزوروشية (عظام

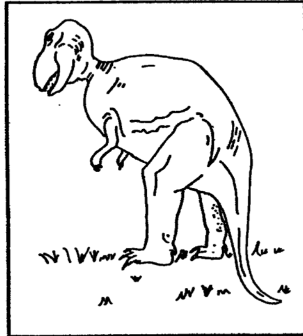
الورك فيهـا تشبه تلك التى فى السحالى) إلى رتيبتين متخصـصتين specialized suborders هما:

أ- رتيبـة ثيروبودا Suborder Theropoda وهى دينوصورات ذات قـدمين من آكلات اللحوم وذات أحجام متباينة.

ب- رتيبة سوروبودا Suborder Sauropoda، ويمتاز أفـرادها بوجود أربعة أقـدام وأنهـا من آكلات العشب، وتعد حيـوانات شبه مـائيـة وقـد من الدينوصورات العملاقة.

- الثيروبودات Theropods

هذه الدينوصـورات كـانت تمشى على أطرافـها الخلفـية مـثل الطيـور، وكـانت من آكـلات اللحـوم، وكان بعـضها ذا حـجم ضـخم جدا، وكـانت بدون شك حيـوانات شرسة مـفترسـة، وقد اسـتـدل على ذلك مـن بعض الخصائص مثـل الأطراف الأمامية الصـغيـرة ذات المخـالب الحـادة لإمسـاك وتمزيق اللحوم وكذلك من الفكوك الكبـيـرة القـوية التى كـانت مـسلحـة بأسـنان حـادة عـديدة، وكـان أضـخم أنواع الثيروبودا هو *Tyannosaurus rex*



شكل (١٤٢)

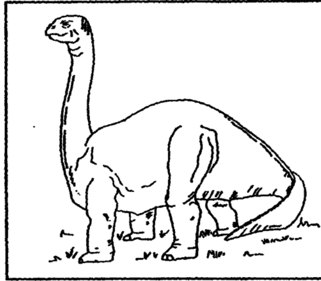
تيرانوصورو ركس *Tyrannosaurus rex*

من آكلات اللحوم فى الطباشيرى

الذى كانت تصل قـامته إلى ارتفـاع عشرين قـدمـا حين يكـون الحيـوان واقفا على طرفـيـه الخلفـيـين. (شكل ١٤٢)، وقـد بلغ طـول بعض الأنواع من هذه الدينوصورات ٥٠ قدما. ويعتـقد أن هذا الشكل من الدينوصـورات كان من أكثر الحيوانات التى عاشت على الأرض وحشية وافتراسا.

- السوروبودات Sauropods

تضم السوربودات أضخم الدينوصورات، بعض منها مثل برونتوصور *Brontosaurus* (شكل ١٤٣) الذى كان يصل طوله إلى٨٥ قدما، ومن المحتمل أنه كان يزن ٤٠ إلى ٥٠ طنا. وكانت هذه الدينوصورات من آكلات العشب، وقد تأقلمت للمعيشة فى البيئات المائية aquatic وشبه المائية semi-aquatic ومن المحتمل أنها عاشت فى البحيرات والأنهار والمستنقعات.



شكل (١٤٣)

Brontosaurus

دينوصور من حقب الحياة المتوسطة

- الدينوصورات المنقارية Ornithischian Dinosaurs

تسمى هذه الدينوصورات وهى من آكلات العشب باسم الدينوصورات ذات ورك الطير bird-hipped. وكانت متباينة فى أشكالها وحجومها، ويبدو أنها كانت أكثر تطورا من الدينوصورات الزوروشية saurischian dinosaurs وتضم هذه المجموعة الدينوصورات التى لها منقار مثل البط duck - billed (رتيبة المنقاريات suborder Ornithopoda) والدينوصورات حاملة الألواح plate bearing (رتيبة ستيجوسوريا suborder Stegosauria، والدينوصورات المدرعة

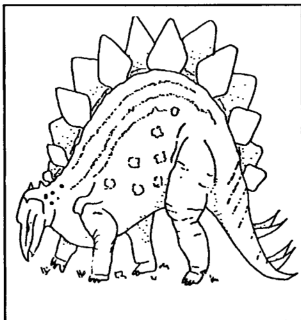
armoured dinosaurs (رتيبة أنكيلوصوريا Suborder Ankylosauria) وكذلك الدينوصورات المقرنة horned dinosaurs (نيبة سيراتوبسيا suborder Ceratopsia).

- الدينوصورات المنقارية Ornithopods

كانت هذه الدينوصورات غير عادية، وكانت من ذوات القدمين وتعيش فى بيئة شبه مائية semiaquatic، وكانت من نمط خاص؛ مثل *Trachodon* (دينوصور له منقار مثل منقار البط).

- ستيجوصورز Stegosaurs

كانت هذه الدينوصورات من آكلات العشب وذات أربعة أقدام. وكانت تبرز من ظهر الحيوان ألواح ضخمة على امتداد الظهر ونتوءات شوكية ثقيلة على الذيل. ويعد ستيجوسور من الأشكال الدينوصورية حاملة الألواح، وكانت تميز الدور الجوراسى (شكل ١٤٤). وكان هذا الحيوان الضخم يزن عشرة أطنان وطوله حوالى ٣٠ قدما، وكان ارتفاعه حوالى عشرة أقدام إذا كان واقفا.



شكل (١٤٤)

ستيجوصور *Stegosaurus* دينوصور مدرع الظهر

وكانت هذه الدينوصورات تتميز بصفين من الألواح الضخمة الثقيلة التى تبرز من ظهورها، وكانت هذه الألواح تبدأ من خلف جمجمة الحيوان وتنتهى قرب نهاية الذيل. وكان الذيل مجهزا بأربع أو أكثر من الأشواك المنحنية ربما كانت تستخدم فى أغراض الدفاع. وكان للحيوان جمجمة صغيرة يوجد فى داخلها مخ

الحيوان الذى كان فى حجم حبة عين الجمل ويعتقد أن هذا الدينوصور وكذلك كل الدينوصورات الأخرى كانت محدودة الذكاء للغاية.

- أنكيلوصور Ankylosaurs

كانت هـذه الدينوصورات من زواحف الدور الطباشيرى وذات أربع أقدام ومن آكلات النباتات، وكانت تتميز بأن أجسامها مسطحة نسبيا، وكانت جمجمة الحيوان وظهره مدرّعان بعظام لحمايته. وكان ذيله على هيئة صولجان club، ومسلحا بزوائد شوكية. وكانت لهذا الأنكيلوصور أشواك تخرج من جوانب الجسم والذيل. وقد ساعدت الأشواك اللوحية التى تدرع الظهر وكذلك الذيل الثقيل الذى يشبه الصولجان على حماية الحيوان كثيرا من الدينوصورات المفترسة آكلة اللحوم .

- الدينوصورات المقرنة Ceratopsians

هذه الدينوصورات تكوّن مجموعة أخرى من الدينوصورات التى عاشت فى الدور الطباشيرى فقط. وكانت لهذه الحيوانات آكلة الأعشاب فكوك تشبه مناقير الطيور الجارحة، ورقبة عظمية طويلة تمتد إلى الخلف من الجمجمة وكذلك كان لها قرن أو أكثر.

وكان جنس *Triceratops* هو أضخم الدينوصورات المقرنة. وقد بلغ طول بعضها ٣٠ قدما، وقد بلغ طول الجمجمة ثمانية أقدام مقيسة من قمة المنقار الذى يشبه منقار الببغاء حتى مؤخرة درع العنق.

● طائفة الطيور Class Aves

نظرا لطبيعة أجسام الطيور الرقيقة، فإنه من النادر العثور على بقاياها كحفريات. ومع ذلك فقد عثر على حفريات مهمة لبعض الطيور. وكان أقدم هذه الحفريات هى تلك التى وجدت فى صخور الجوراسى المتأخر فى ألمانيا، وقد سميت أركيوبتيركس *Archaeopteryx*. وكان هذا الطائر البدائى أقرب أن يكون زاحفا ذا ريش من أن يكون طائرا، وكان فى حجم الحمامة، وكان له ذيل يشبه السحلية ومنقار ذو أسنان. كذلك كانت له صفات مؤكدة معينه تخص الزواحف.

وقد طرأت تغيرات عديدة على الطيور خلال الدور الطباشيرى، ومعظم الطيور التى تعيش اليوم كانت قد ظهرت بنهاية الدور الثالث Tertiary.

• طائفة الثدييات Class Mammalia

تعد الثدييات أكثر الفقاريات تطورا، فهى تولد حية وتتغذى على اللبن من ثدى أمها. وهى مخلوقات تتنفس الهواء، ومن ذوات الدم الحار warm-blooded، وتتميز بوجود شعر لحمايتها (هذه الصفات هى أهم ما يميز الثدييات، لكن هناك استثناءات فى ثدييات معينة).

والثدييات التى ظهرت لأول مرة فى الدور الجوراسى يحتمل أنها نشأت (تطورت) عن شكل من أشكال الزواحف الشبيهة بالثدييات، وكانت الثدييات نادرة خلال حقب الحياة المتوسطة، لكنها تطورت سريعا وزادت أعدادها بوفرة خلال حقب الحياة الحديثة (الكاينوزوى)، حينما صارت بعض أشكال الثدييات كبيرة للغاية واتخذت أشكالا غريبة. وتعرضت معظم هذه الأشكال إلى الانقراض المبكر، لكن حفرياتها التى بقيت معروفة تدل عليها. ويوجد شكلان من الأشكال البدائية للثدييات لا يزالان يعيشان حتى الآن، وهما: الثدييات أحادية المسلك Monotremes (مرْتبة دنيا من الثدييات أجهزتها التناسلية والبولية والهضمية لها مخرج واحد). والثدييات الجرابية (ذات الجراب) Marsupials.

ومن المحتمل أن تكون الثدييات وحيدة المسلك قد نشأت فى الدور الجوراسى وكان لها الكثير من صفات الزواحف؛ فكانت مثلا هى الثدييات الوحيدة التى تضع بيضا وكانت تغذى صغارها باللبن الذى كانت تفرزه غدد عَرَقِيَّة متحورة sweat glands، وهى التى أصبحت فيما بعد ثدى الإناث فى الثدييات. وحاليا يقتصر وجود الثدييات وحيدة المسلك فى أستراليا حيث يمثلها حيوان البلاتيبوس platypus (وهو حيوان مائى ثديى بيوض ومنقاره كمنقار البط)، وكذلك حيوان شوكى من أكلة النمل spiny anteater .

أما الثدييات الجرابية Marsupials فقد ظهرت لأول مرة فى الدور الطباشيرى، حيث كانت تشبه حيوان الأبوسّوم opossum (حيوان يوجد فى أميركا وهو من ذوات الجراب يتظاهر بالموت عندما يحدق به الخطر). وأهم صفات

هذه الحيوانات أنهـا تضع صغارا حية ناقصـة النمو تكمل مرحلة طفولتها مـلتصقة بحلمات اللبن milk teats التى توجـد فى جراب الأم. وتوجـد النمور المسـيفـة الأسنان بأنواعـهـا فى الكاينوزوى، لكن أعـدادها تناقـصت تدريجـيـا وقل تنوع أشكالها. وفيمـا عدا أستراليا، فإن الحيوان الجرابى الوحـيد الذى يعيش حتى الآن هو الأبسّوم الأمريكى . وفى أستراليا يعد حيوان الكنغر kangaro هو أشهر حيوان جرابى. وتوجد أشكال أخرى من هذا الثديى الجرابى مثل دب الكوالا koala bear وحيـوان الولابى wallaby(الكنغـر الصغيـر) الذى يوجد فى غـابات أسـتـراليا، وكذلك حيـوان الوُمْبَتّ wombat (حيوان أسـترالى من ذوات الجراب شبـيه بدب صغـير). وهناك حيـوانات أقل شهرة مـثل البنديكوت bandicoot (الفأر الهندى الضخم)، والذئب التـسمانى Tasmanian wolf وهو حيوان من آكلات اللحوم. ومعظم الثدييـات تتبع طويئفة المشيـميات subclass theria التى تضم الحيوانـات ذات المشيمـة placental animals (التى تلد صغـارها فى حالة متـقدمة نسبـيا من التطور).

•طويئفةالمشيميات Subclass Theria

عرفت المشيـميات لأول مرة فى الدور الجـوراسى، وتضم أكبر مجـموعات الثديات التى تعيش الآن. والمشـيميات يحدث نها تحور كبـير قبل ولادتها؛ وعند ولادتها تكون مـشابهة لآبائها وقد قـسمت هذه الطويئفـة إلى عدة رتب، وسوف نذكـر هنا أكثر الرتب أهمية:

-رتبةعديمةالأسنان Order Edentata

هى مجمـوعـة من الثدييـات البدائية وتمثلها بـعض الأنواع التى تعيش حتى الآن مثل المدرّع armadillos (حيـوان ثديى، لرأسـه وجسمـه درع من الصفـائح العظـمية الصـغيرة يستـطيع أن يـنكمـش فيه على صـورة كرة إذا مـا هـوجـم أو خشى الأذى)، وكذلك حـيوان الكـسلان tree sloths، وحـيوان آكل النمل ant - eater.

وكانت أعـضاء هذه الرتبة متـشرة فى أميركـا الشماليـة والجنوبية فى أزمنة البليستوسـين والبليوسين Pleistocene and Pliocene. وتوجد حفريات حيوانات

رتبة عديمة الأسنان فى صخور معينة تتبع الكاينوزوى. ومن هذه الأشكال *Mylodon* (شكل ١٤٥). وهو أحد الحيوانات الأرضية الكسولة العملاقة المنقرضة، وكانت هذه الحيوانات ثقيلة الوزن للغاية وكان يصل ارتفاع بعضها إلى خمسة عشر قدما إذا كان واقفا. وهذه كانت أسلاف حيوانات الكسلان الشجرى الموجودة حاليا فى أميركا الجنوبية.

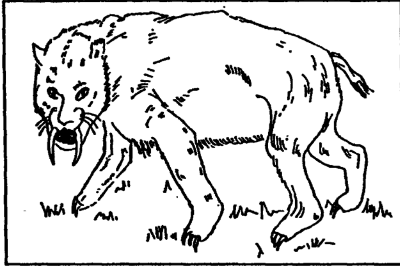


شكل (١٤٥)
ميلودون *Mylodon* من الدبب العملاقة

هناك مجموعة أخرى من اللاسنّيات العجيبة edentates وتسمى الجلبتودونتا Glyptodonts، وهى أسلاف حيوان المدرع armadillos الذى يعيش الآن والذى عاش لنفس الفترة الزمنية مثل حيوان الكسلان الأرض ground sloths ومن الأمثلة النموذجية لهذه المجموعة التى تميز دور البليستوسين Pleistocene حيوان جلبتودون *Glyptodon*، وكان يشبه حيوان المدرع وكانت له درقة تشبه درقة السلحفاة. وكان ارتفاع بعض الدرقات يصل إلى أربعة أقدام. وقد وصل طول بعض أفراد هذه المجموعة إلى خمسة عشر قدما (مقيسا من الرأس المغطاة بالعظام حتى نهاية الذيل)، وكانت توجد حلقات عظمية فوق الذيل الثقيل السميك، وفى بعض الأنواع، كانت نهاية الذيل متحورة إلى صولجان عَظْمى كثير النتوءات الشوكية.

- رتبة آكلات اللحوم Order Carnivora

آكلات اللحوم هى ثدييات تتـميز بأقدام ذات مخالب مهيأة لتمزيق وتقطيع اللحوم، وكانت أولى آكـلات اللحوم مجموعـة قديمة من الحيـوانات أطلق عليها اسم، كريودونتا creodonts، وهى مجـموعة عـاشت لحقبـة قصيـرة، وكان أول ظهورها فى حقب الباليوسـين، وانقرضت بنهاية دور الإيوسين. وبلغت أفراد هذه المجمـوعة حجومـا مختلفة، ترددت بين حـجم ابن عِرس weasel وحجم الدّب الضخم، وكـانت لها مخـالب حادة متطورة للـغاية. جاءت بعـد آكلات اللحـوم المبكرة، مجموعة أخـرى من آكلات اللحوم المتخصصة التى تطورت خلال الزمـن الكاينوزوى Cainozoic، وبعض أمـثلتـهـا الـنمـر المسـيف الأسـنـان *Smilodon* (شكل ١٤٦) وكذلك الذئب الرهيب *Canis dirus*.



شكل (١٤٦)
سميلودون ***Smilodon***
نمر مسيف الأسنان

- رتبة كاملة الأسنان Order Pantodonta

تعرف هـذه الثدييات بـأنها كانت بـدائية ومن آكلات الـنباتات وكانـت لها أظلاف، وتميزت بهيكل ثقيل وبأطراف قـصيرة قوية وأقدام مفرشحـة ثقيلة الحركة وقـد ظهـرت هذه الرتبـة لأول مـرة خلال البـاليـوسـين وانقـرضت بنهـاية دور الأوليجوسين.

- رتبة دينوسيراتا Order Dinocerata

تضم هذه الرتبة مجموعة من الثدييات العملاقة المنقرضة، وتسمى بصفة عامة الونتاثيرات Uintatheras . ويوجد مثال جيد يمثل هذه المجموعة هو ونتاثيريوم *Uintatherium*، وكانت له ثلاثة أزواج من القرون غير الحادة، وللذكور فقط أنياب علوية تشبه الخناجر. وكانت بعض أفراد هذه المجموعة كبيرة في حجم الفيل الصغير، وكان ارتفاعها وهي واقفة يصل إلى سبعة أقدام عند كتفيها. ويدل حجم مخ الحيوان بالنسبة إلى حجم جسمه، على أن هذه الحيوانات لم تكن على درجة من الذكاء تقارب ذكاء معظم الثدييات. وقد عرفت هذه الرتبة من الثدييات في صخور يمتد عمرها من الباليوسين إلى دور الإيوسين.

- رتبة الخرطوميات Order Proboscidea

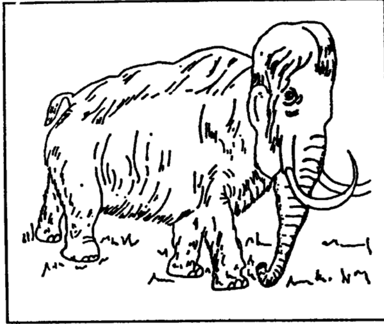
جُمعت بقايا الخرطوميات الأولى؛ الفيل وأقاربه، من صخور الإيوسين العلوى في أفريقيا. وكانت الأشكال الأولى لهذه الحيوانات في حجم فيل صغير من أفيال العصر الحديث، لكن الرأس كان أكبر والخرطوم كان أقصر.

ويتميز تطور الخرطوميات بالزيادة في حجمها، والتغير في بنية الجمجمة والأسنان، واستطالة الخرطوم. وهناك مثالان جيدان من الخرطوميات هما الماموث Mammoth والماستودون Mastodon، وكلاهما عاش في أوروبا (بما في ذلك بريطانيا)، وأمريكا الشمالية وسيبيريا وجنوب أفريقيا وذلك في أزمنة البليستوسين.

ويشبه الماستودون الفيل، لكنهما يختلفان في بنية الأسنان. وبالإضافة إلى ذلك، فإن جمجمة الماستودون كانت أكثر انخفاضا من جمجمة الفيل وكانت أنيابه أكبر. وقد بلغ طول الماستودون تسعة أقدام.

وكانت هناك أنواع عديدة من الماموثات Mammoths، ولعل أشهرها هو الماموث الصوفي (كثير الوبر) Woolly Mammoth، وقد عاش هذا الحيوان حتى نهاية دور البليستوسين، وقد عرف هذا الماموث (مثل حيوان وحيد القرن rhinoceros) من الرسومات التي وجدت على جدران الكهوف القديمة ومن البقايا المتجمدة في الجليد. وتدل المعلومات التي توافرت من هذه المصادر أن هذا الحيوان

الحيـوان الكبير كـان جسله مـغطى بشعر أسـود طويل يوجد بأسـفله وبر صوفى (شكل ١٤٧). ويوجد حـاليا نوعان فـقط من الخرطومـيات هما الفـيل الأفريقى والفيل الهندى.



شكل (١٤٧)

ماموث كثير الوبر كامل، من ثدييات البليستوسين

- رتبة فردية الحوافر Order Perissodactyla

فرديات الحوافر حيوانات ثديية تتـضخم فيها الإصبع الوسْطى فى كل طرف بشكل كبير، ومن الأمثلة الحالية لهذه الرتبة الحصان والخرتيت rhinoceros والتابير tapir (حيوان أمـيركى استوائى شبـيه بالخنزير). وهناك حيوانات تتـبـع هذه الرتبة لكنها انقرضت ومنها: التـيتانوثير *titanotheres*، والكاليكوثير *chalicotheres*، والبالوكيثير *baluchitheres*، وقد تضخمت أجسامـها بشكل هائل وأصبحت لها هيئات غير عادية.

• الخيول Horses

كـان سلف الحصان الحالى أحد أفراد الشـدييات فردية الحوافر، وأطلق عليه اسم *Hyracotherium*، ويسمى أيضا *Eohippus*. وكان هذا الحيوان صغير الحجم

يبلغ ارتفاعه قدمــا واحدا، وتدل أسنانه على أنه كان يتغذى طعاما خــفيفا. وتدل السلسلة الطويلة من حــفريات الخــيول والمعلومــات القيــمة التى توافــرت من هذه الحفريات على تاريخ هذه المجموعة المهمة من الحيوانات التى تلت أول حصان ظهر فى التاريخ الچيولوچى.

• التيتانوثيرات Titanotheres

ظهرت هذه المجمــوعة من الحيوانات لأول مــرة فى دور الإيوسين، وكانت فى ذلك الوقت فى حجم الخــراف، لكنها تضخمت لتــصبح عملاقــة فى منتصف دور الأوليــجوســين، أمــا مــخهــا فكان لا يزال بدائيــا. ويتــشابه برونــتوثيــريوم *Brontotherium* مع الخرتيت rhinoceras تشابهــا بسيطا، لكن طوله كــان حوالى ثمانية أقدام عند الأكتاف. وقد برز نمو عظمى كبيــر من الجمجمة وامتد على هيئة قرن مبطط منقسم عند القمة.

وبالرغم من أن التــيتــانوثيرات طرأت عليــها تطورات ســريعة خــلال الدور الثالث المبكر، إلا أنها انقرضت خلال منتصف دور الأوليجوسين.

• الكاليكوثيرات Chalicotheres

كانت الكاليكوثيــرات تتشابه بطريقة ما مع التــيتانوثيرات، لكنهــا كانت لها صفــاتها الخــاصة بهــا، فكان الرأس والرقبــة فى جنس *Moropus* وهو من أفراد الكاليكوثيرات النمــوذجية، يتــشابه كثيــرا مع رأس ورقبة الحــصان، لكن الأرجل الأمامية كانت أطول من الأرجل الخلفية. وكانت الأقــدام تشبه أقدام الخرتيت فيما عــدا أنــه كانت بهــا مخالب طويلة بدلا من الحــوافر. وقد ظهــرت الكاليكوثيرات لأول مرة فى دور الميوسين واستمرت حتى دور البليستوسين، وأغلب الظن أنها لم تكن أبدا وفيرة العدد.

• الخراتيت Rhinoceroses

الخرتيت هو أيضــا من الحيوانات الفــردية الحوافر، وتوجــد حفريات كثــيرة مهمة ومعروفة لهذه المجموعة. والخرتيت الصوفى woolly rhinocerose كان من حيوانات البليستوسين وكان له قرنان two-hornes وكان موجودا فى جنوب فرنسا

حتى شمال شرق سيبيريا. وهو معروف جيدا من جثته التى اكتشفت فى التندرا المتجمدة فى سيبيريا، وكذلك من البقايا التى وجدت محفوظة فى نز بترولى فى بولندا. هذه العينات، بالإضافة إلى الرسوم التى وجدت فى الكهوف والتى رسمها الإنسان الأول، أعطت صورة كاملة وسجلا دقيقا لهذا المخلوق. وقد وجدت حفريات الخراتيت فى صخور عمرها الچيولوچى بين الأوليجوسين الأوسط والبليوسين المتأخر.

• بالوكيثيريوم Baluchitherium

هذا هو أضخم حيوان برى من الثدييات، وكان خرتيتا هائل الحجم لا قرون له، عاش فى الأوليجوسين المتأخر وفى بداية الميوسين. وقد بلغ طول هذا المخلوق الجبار ٢٥ قدما من الرأس إلى الذيل. ويبلغ ارتفاعه حتى الكتفين وهو واقف ثمانية عشر قدما، ويبدو أن وزنه كان عدة أطنان، وأن موطنه كان محددا فى وسط آسيا.

• رتبة مزدوجة الحوافر Order Artiodactyla

تشمل هذه الرتبة الحيوانات الثديية ذات الحوافر المزدوجة العدد وتضم أشكالا مألوفة مثل الخنازير والجمال والغزلان، والماعز والغنم، وفرس النهر hippopotamus، وهى مجموعة كبيرة ومتنوعة من الحيوانات، لكن بنياتها التشريحية الأساسية للأسنان والأطراف توضح أن هناك روابط بين الأشكال بعضها ببعض. وأفراد رتبة مزدوجة الحوافر يشيع وجودها كحفريات فى صخور يتردد عمرها من الإيوسين حتى البليستوسين.

• الإنتيلودونتات Entelodonts

عاشت هذه الثدييات المزدوجة الحافر العملاقة التى تشبه الخنازير خلال دور الأوليجوسين ودور الميوسين المبكر، وكانت تتميز بجمجمة طويلة ثقيلة وتحمل فى داخلها مخا صغيرا نسبيا. وكان الوجه يتسم بوجود نُدُب كبيرة large knobs تحت العين وعلى الجهة السفلى للفك السفلى. وتبدو النُدُب كأنها قرون قصيرة، وقد وصل ارتفاع هذه الخنازير العملاقة إلى ستة أقدام حتى الكتف ويبلغ طول الجمجمة ثلاثة أقدام.

• الجمال Camels

جمعت أقدم حـفريات للجمال من صخور تابعة للإيوسـين المتأخر، وكانت لأشكال صغيرة. وحينما تطور الجـمل طرأت بعض التغيرات وبخاصة فى الأسنان والأطراف وكذلك فى الحجم .

كثـير من الجمال التى عـاشت خلال منتصف الكاينوزوى كـانت لها أرجل طويلة مهيأة للجرى ورقاب طويلة ساعدتها فى رعى أوراق الأشجار العالية.

لم نأخذ فى اعتبارنا ثدييات أخرى مثل الفئران والجرذان التى انتشرت انتشارا واسعا مـنذ بداية الدور الثالث، أو تلك الثدييات الأخـرى مثل الحيتـان والدولفين التى عادت إلى الحياة البحرية، والسبب أنها غيـر مهمة من الناحية الحفرية. كذلك لم نشرح الرئيـسيات؛ وهى الرتبـة التى تضم القردة apes والإنسان man وسوف نتناول ذلك بشكل مـفـصـل فى الفـصـل التاسـع عشـر (التاريـخ الجيـولوجى للإنسان).

الفصل السابع عشر

التطور: الحياة المتغيرة

EVOLUTION : CHANGING LIFE

تعرض سكان الأرض وكل ما بها من الأحياء لتغيرات مستمرة ومتدرجة منذ الأزمنة الچيولوچية الماضية، وسجل هذا التغير موثق جيدا ويمكن تفسيره عن طريق نظرية التطور العضوى organic evolution.

وهذه النظرية التى تعد من أهم النظريات بالنسبة للبيولوچيين والچيولوچيين، تعرَّف التطور العضوى بأنه عملية تراكمية للتغيرات، وتتميز بالتحور التقدمى للنباتات والحيوانات وتطورها من أسلاف أكثر بدائية. وعلى ذلك فإن دراسة التطور توضح أن النباتات والحيوانات الموجودة حاليا، قد وصلت إلى ما هى عليه من تطور نتيجة لتغييرات تدريجية منتظمة، حدثت فى الأزمنة الچيولوچية الماضية. وفى هذا السياق، سنعرض لموضوع التطور لما له من أهمية بالنسبة للمؤرخ الچيولوچى historical geologist (لمزيد من المعلومات انظر كتاب البيولوچيا وتبسيطها Biology Made Simple تأليف Ethel . M . Hanauer).

١- نظريات التطور Theories of Evolution

لا تعد فكرة التطور العضوى فكرة جديدة، ذلك لأن كثيرا من الفلاسفة الإغريق القدامى حتى عام ٥٠٠ ق م كونوا مفهوما بدائيا عن فكرة التطور. لكن أول نظرية علمية تختص بهذا الموضوع وضعت فى القرن التاسع عشر.

وبالرغم من أن كثيرا من العلماء قاموا بدراسة التغيرات التطويرية التى طرأت على النباتات والحيوانات، إلا أن قليلين منهم هم الذين استطاعوا تفسير حدوث هذه التغيرات، ولكن إلى درجة قليلة نسبيا. ومن بين هؤلاء العلماء يبرز

جين لامارك Jean Lamarck وتشارلز داروين Charles Darwin وهوجو دى ڤريبه Hugo de Vries.

• نظرية وراثة الصفات المكتسبة

Theory of Inheritance of Acquired Characteristics

افترض هذه النظرية العالم چان بابتسيت لامارك Jean Baptiste Lamarck عام ١٨٠٩. وتفترض هذه النظرية أن العضو الذى يُستخدَم بصفة دائمة، ينمو ويتطور إلى حد كبير، والعضو الذى لا يستخدم يصبح ضعيفا ويتضاءل تدريجيا حتى يختفى تماما. وكان من رأى لامارك أن هذه الصفات المكتسبة يمكن أن تتوارث من الآباء إلى الأبناء. لذلك فقد تظهر أنواع جديدة متغيرة بعد بضعة أجيال. وعلى سبيل المثال، كان لامارك يعتقد أن ابن الحداد يولد وعضلة ذراعه أقوى وأكبر حجما من هذه العضلة نفسها لطفل يولد من أب يعمل بائعا فى محل ما. ويفسر ذلك بأن السبب فى هذا الاختلاف يرجع إلى أن ابن الحداد يتمتع بلياقة بدنية أفضل موروثة عن والده. وتعرف هذه النظرية أيضا بنظرية الاستعمال والإهمال use and disuse، وهى نظرية لا تحظى بالتأييد الكافى من العلماء فى وقتنا الحالى.

• نظرية الانتخاب الطبيعى Theory of Natural Seletion

اقترح هذه النظرية تشارلز داروين عام ١٨٥٩، ويعد داروين من أشهر علماء البيولوجيا، وحاول أن يفسر أسباب التطور وافترض نظرية تتطلب الكثير من البحث والتجربة لإثبات صحتها، وعرض داروين نظريته فى كتابه «أصل الأنواع Origin of the Species وقد اعتمد داروين فى نظريته على أربعة عوامل هى:

أ- الصراع من أجل البقاء Struggle for Existence

تنتج كل الكائنات الحية سلالات، لا يتوقع لها أن تبلغ كلها مرحلة النضوج، ويؤدى الإنتاج الزائد عن المطلوب إلى تنافس على الغذاء والماء والمأوى واحتياجات أخرى كثيرة. والكائنات الحية عليها إما التغلب على هذه الصعوبات وإما أن تموت.

ب- التنـوع Variation

لا يوجد بين الذّرية اثنان مـتشابهان تماما، بل يوجـد تنوع بين أفراد الأسرة الواحدة.

جـ- الانتخاب الطبيعى Natural Selection

الأفـراد الذين لديهم القـدرة على البـقـاء والإنجاب هـم الذين يصلون إلى مرحلة النضـوج، وهـذا معنـاه أن «البقاء للأصلح survival of the fittest».

د- الانتخاب الجنسى Sexual Selection

بعض الأفراد يتمتـعون بمميزات تعطيهم الأفضلية على غـيرهم فى الحصول على أليف. وقد ترث ذُرِّيتهم هذه المـيزات المواتية. أما الأفراد الذين لا يتـمتعون بهذه الميـزات الجذابة. فلا يستطيعـون الحصول على أليف، وبالتالى فـلا ينجبون ذُرّية. وبالرغم مـن أن مـعظم العلمـــاء المحـدثين تقـبلـوا نظرية داروين، إلا أن الاعتـراضات الكثـيرة قـد أُبديت على بعض آرائه، مما أدى إلى تعـديل فى بعض جوانب نظريته على ضوء المعلومات العلمية الحديثة.

• نظرية الطفرة The Mutation Theory

تقدم بهذه النظرية العالم الهولندى هو جودى فريبه Hugo de Vries فى عام ١٩٠١، وقد وضع نظريته على أساس الدراسات الوراثية genetic الرائدة التى قام بها الراهب الأوجستـينى جريجور جوهان مندل Gregor Johann Mendel، الذى نشـر نظريتـه فى عـام ١٨٦٦. ويعـد مندل أول من أرسى قـواعـد علم الوراثة. وتعتمـد نظرية الطفرة mutation على أن أنواعا جـديدة تظهر فى الطبيـعة نتيـجة لطفرة (تغيرات فـجائية فى المادة البلازمية للكائنات الحيـة). تساعد على بقاء هذه المخلوقات. وقد يرث الأبنـاء الطفرات فتنتقل من جيل إلـى جيل حتى تؤدى إلى ظهور أنواع جـديدة. ونظرية الطفرة لا تتـعارض مع نظرية داروين، بل إنهـا تعد مكملة لها، حيث إن نظريتـه كانت توحى بأن أنواعا جديدة تظهر فـجأة، وليست نتيجة لتغييرات ضئيلة تحدث على مدى أزمنة طويلة.

٢-أدلة التطور Evidences of Evolution

بالرغم من أن الأدلة التى أثبتت وجود التطور تعد أدلة غير مباشرة، إلا أنها تستمد من مصادر كثيرة ولا جدال فيها. ولهذا السبب فإن البيولوچيين والجيولوچيين يعتقدون أن التطور حقيقة واقعة، وليس شيئا نظريا.

وفيما يلى نوجز باختصار أدلة تبرهن أن التطور يمثل حقيقة واقعة:

• أدلة من علم التشريح المقارن Evidences from Comparative Anatomy

هناك نباتات وحيوانات كثيرة، تبدو كأنها غير متشابهة ولا يماثل بعضها البعض، وكأنه لا توجد أية علاقة بينها، لكننا إذا درسناها جيدا، فسوف نجد أنها تتشابه فى البنية التشريحية. فعلى سبيل المثال، توجد تشابهات بنيوية أساسية basic structural similarities بين ذراع الإنسان وجناح الخفاش وزعنفة الحوت وجناح الطائر. فكل هذه الأعضاء بينها شَبَه بِنيوى أساسى، وكلها أعضاء للحركة. وهذه الأعضاء التى تتشابه فى البنية الأساسية يطلق عليها اسم البنيات المتشابهة homologous structures. وهذا يوحى بأن الأنواع المتباينة صاحبة هذه الأعضاء تنحدر من أصل واحد، ثم تفرعت منه وتحوّل كل نوع فى اتجاه يختلف عن الآخر. وكثير من الحيوانات كانت لها أعضاء ذات وظائف محددة، ومعروف أن هذه الأعضاء كانت مفيدة فى زمن ما، لكنها أصبحت الآن عديمة الفائدة. مثل هذه الأعضاء تسمى بنيات آثارية vestigal structures، وهذه أدلة إضافية تعضد نظرية التطور العضوى، فالمصران الأعور مثلا (الزائدة الدودية) veriform appendix فى الإنسان، يعد عضوا لا فائدة منه، بل إنه قد يسبب متاعب للإنسان، لكنه فى بعض الحيوانات مثل الأرانب والكلاب مازالت له وظيفة مهمة فى الجهاز الهضمى.

• أدلة من علم الأجنة Evidences from Embryology

تؤدى دراسة تطور أى مخلوق منذ اللحظة الأولى للإخصاب حتى وقت ميلاده، إلى الحصول على أدلة كثيرة توضح العلاقة الوثيقة بين أشكال الحياة البسيطة والحياة المعقدة. فالأجِنّة فى مراحلها الأولى فى بعض الحيوانات تكون لها

بنيات تتشابه مع بنيات لأشكال بالغة adult forms لحيوانات أقل تطورا. وقد تختفى هذه البنيات عند نمو الجنين، أو قد تصبح بنيات آثارية لا وظيفة لها؛ فمثلا فتحات الخياشيم اللاوظيفية توجد فى أجِنَّة جميع الزواحف والحيوانات البرمائية والطيور والثدييات؛ وبالرغم من أنها تختفى قبل ميلاد الحيوان، فإنها تُرَى فى الأجِنَّة كآثار مستخلفة من الماضى تشير إلى سلف مائى مشترك لكل هذه الحيوانات السابق ذكرها.

ولقد أدت نتائج الدراسات التى تختص بعلم الأجِنَّة إلى صياغة ما يسمى بالقانون الحيوى biogenic law أو قانون الإعادة recapitulation law، الذى ينص على أن تاريخ أدوار نمو الفرد يعيد تاريخ تطور السلالة التى ينتمى إليها الفرد.

• أدلة من التصنيف Evidences from Classification

يعتمد التصنيف العلمى على علاقات القربى التى توجد بين المخلوقات. ويبدأ النظام اللِّينى linnean system لتصنيف الحيوانات بأبسط أشكال الحياة الحيوانية (الحيوانات الأولية «البروتوزوا»)، ويتدرج حتى يصل إلى أكثر الحيوانات تعقيدا (الحبليات cordata) ويتضح لنا من هذا التصنيف الذى يعتمد على العلاقات البنيوية أيضا أن هناك خطا يدل على انحدار الحيوانات من أصل واحد يمكن تفسيره بسهولة على أساس العمليات التطورية.

• أدلة من علم الوراثة Evidences form Genetics

أضاف علم الوراثة الكثير من المعلومات التى ساعدت على قبول فكرة التطور. فقد استطاع الإنسان من خلال فكرة الانتخاب الاصطناعى أو السيطرة على عملية التربية والتهجين controlled breeding، أن ينتج أنواعا مختلفة من النباتات والحيوانات. وعلى سبيل المثال، إذا تتبعنا أصل جميع الخيول الموجودة حاليا، فسوف نتبين أنها كلها ترجع إلى أصل واحد هو نوع الحصان البرى.

وقد تمكن علماء الوراثة أن يستنبطوا أنواعا مختلفة من المخلوقات مثل ذبابة الفاكهة، عن طريق اختبارات معملية أجريت بدقة وإحكام شديدين. وتعتمد تجارب التربية والتهجين التحكمى على عملية التطور فى تجاربها على أنها أساس

عملى. (وإن كـان حقـا أن تجارب التهـجين لم تنتـج بعد أنواعـا جديدة، إلا أننا يجب أن نتذكـر أن الإنسان قـد بـدأ نشاطه فى هذا المجال مـنذ نحو ٤٠٠٠ سنة بينما يتطلب تطور نـوع جديـد إلى ملايين أو عشرات الملاييـن مـن السنيـن).

• أدلة من التوزيع الجغرافى Evidences from Geographic Distribution

يعتقد أن العـلاقات التوزيعية لحيوانات معـينة ترجع إلى التغيرات التطورية، وتوجد أدلة فـى بعض الحالات تشيـر إلى أن الأنواع التى نشأت أصـلا فى مناطق مركزية مـعينة، طرأت عليها تغيـرات عندما انعزلت. ومثال ذلك الجـمل فى آسيا وحيوان اللاما فى أميركا الجنـوبية انحدرا من نفس الأصل قبل أن تنفصل القارتان إحداهما عن الأخـرى. وبعد انفصالهـما بدأ التطور يسيـر فى اتجاهين مـختلفين، ولهذا فيبدو أن الانعزال isolation من الممكن أن يؤدى إلى ظهور أنواع جديدة.

• أدلة من علم الحفريات Evidences from Paleontology

تمدنا الأدلة التى تقدمـها دراسة الحـفريات بحجج قاطـعة تؤيد فكرة التطور العضوى. وتبين الحفريات التطور المستمر فى هذا المجال، ذلك لأن أقدم الصخور تحمل حـفريات تمثل أبسط أشكال الحيـاة، وتصيـر البقايا الحفـرية أكثر تعقـيدا فى الصخور الأحدث عـمرا. وعليه فإذا رتبنا هذه الحفريات فى تـتابع زمنى، فسوف نجد أنها تُظْهِر تطورا تدريجيا، يكون تفسيره المنطقى أنه نتج عن التطور العضوى. كذلك فهناك اتجاهات تطورية فـى كل مجموعة، فمثلا الجـرابتوليتات graptolites لها ستـة اتجاهات كلها لمصلحـة المستعمـرة؛ كذلك فإن مجـموعة micraster من القنفذانيـات تظهر تغيرات جـيدة التوثيق فى التـابع الصخرى كلما ازدادت تكـيفا وملاءمة لتُدفن فى رواسب القاع.

وأخيرا نجد فى شعبة الحبليات phylum chordata، على وجه الخصوص، حفريـات تعد حلقات وصل. ولقد رأينا قـبلا أنه من الصعب تقرير مـا إذا كانت بعض الأشكال زواحف أو برمائيات. أما الأركـيوبتيركس (أول طائر له ريش)، له أيضا ملامح كـثيرة من صفـات الزواحف. ولسوء الحظ، فمازال هناك الكـثير من «الحلقات المفقودة» التى تجعل صورة التطور لنوعنا البشرى غير واضحة.

الفصل الثامن عشر

تاريخ الأرض

EARTH HISTORY

تعرضت الأرض لتغيرات عديدة خلال تاريخها الطويل، وسواء أكانت هذه التغيرات فيزيقية أم بيولوچية، فقد كانت لها تأثيرات على المناخ والجغرافيا والطوبوغرافيا وأشكال الحياة فى أزمنة ما قبل التاريخ. وسوف نلقى الضوء فى هذا الفصل على بعض هذه التغييرات ودورها فى التاريخ الجيولوچى.

١-أحقاب ما قبل الكمبرى The Pre-Cambrian Eras

يكوّن حقب الأركيوزوى (حقب الحياة العتيقة) Archaeozoic Era مع حقب البروتيروزوى (حقب طلائع الحياة) Proterozoic Era مجموعة واحدة يطلق عليها حقب ما قبل الكمبرى Pre-Cambrian ولقد تأثرت صخور ما قبل الكمبرى كثيرا بالعمليات الجيولوچية، مثل الطى والانضغاط الشديد وأصبحت لذلك معقوصة contorted، كذلك تأثرت كثيرا بعوامل التحول metamorphism. ويعد سجل هذا الجزء من تاريخ الأرض من أكثر الموضوعات صعوبة فى تفسيره.

ويشمل حقبا الأركيوزوى والبروتيروزوى معظم الزمن الجيولوچى من بداية تاريخ الأرض حتى بداية ترسيب طبقات الكمبرى الحفرية. وإذا كانت الأرض على القِدَم الذى نعتقده، فإن حقب ما قبل الكمبرى يمثل ما يقرب من ٨٥٪ من التاريخ.

• حقب الأركيوزوى Archaeozoic Era

يغطى حقب الأركيوزوى مرحلة طويلة من الزمن، كانت فيها الأرض خالية من الحياة. ومع ذلك فهناك أدلة حفرية غير مباشرة توجد على هيئة رواسب حاملة

للكربون carbon - bearing قد تكون عضوية الأصل. وتتكون معظم صخور الحقب الأركيوزوى أساسا من صخور بركانية ورسوبية متحولة تحولا شديدا، تخترقها صخور الجرانيت. ولقد حدثت تغيرات كثيرة فى هذه الصخور، حتى إن المعلومات التى أمكن الحصول عليها بشأن طبيعة نشوء هذه الصخور تعد معلومات محدودة للغاية. وكانت تلك المرحلة هى زمن النشاط النارى igneous activity وبناء الجبال، وحدثت فى نهايته عمليات التحات الشامل (الكتلى) massive erosion، التى تميز نهاية الحقب الأركيوزوى.

- **حقب البروتيروزوى Proterozoic Era**

تكونت صخور حقب البروتيروزوى بعد فترة التحات الطويلة التى ميزت نهاية حقب الأركيوزوى. ويعتقد أن هذا الحقب قد بدأ منذ أكثر من ألْفَى مليون سنة، ويشمل فترات التثلج glaciation، والنشاط البركانى volcanic activity، والترسيب البحرى marine sedimentation وعلى العموم فإن طبقات البروتيروزوى تحتوى على صخور رسوبية أكثر وعلى صخور نارية ومتحولة أقل مما هو عليه الحال فى صخور حقب الأركيوزوى. وتحتوى صخور البروتيروزوى على أقدم دليل حفرى معروف عن الحياة، ويتكون أساسا من الديدان الحفارة وأشواك الإسفنج والراديولاريا والطحالب الجيرية calcareous algae. وقد أفرزت بعض الطحالب البحرية كتلا ضخمة من الحجر الجيرى العضوى والتى تعد من أكثر أنواع الحفريات انتشارا فى ذلك الحقب. ويبدو أنه لم تكن هناك حياة على البر. وبقدر ما أمكن تحديده من السجل الحفرى الشحيح فإن المناخ فى الحقب البروتيروزوى تراوح من الدافئ الرطب إلى الجاف البارد. وتحتوى صخور البروتيروزوى على بعض أكبر الرواسب الفلزية القيِّمة التى عرفها الإنسان، مثل الفضة والذهب والنيكل والحديد والنحاس والكوبالت.

٢- حقب ما قبل الكمبرى فى بريطانيا The Pre-Cambrian of Britain

تعد المصطلحات التى ذكرت فيما سبق، تطورا حديثا إلى حد ما، وسوف يجد القارئ أن معظم المراجع تصنف صخور هذين الحقبين وتضمهما تحت عنوان واحد هو حقب ما قبل الكمبرى. وقد استخدمت أسماء أخرى للدلالة على

هذا الحقب مثل الأزوى Azoic والإيوزوى Eozoic والكلمتان من أصل إغريقى فالأولى «آزوى» تعنى بلا حياة، بينما تعنى الثانية «إيوزوى» فجر الحياة.

•اللويزى Lewisian

يبلغ عمر صخور اللويزى ثلاثة آلاف مليون سنة تقريبا، وهى صخور الأركيوزوى الوحيدة فى بريطانيا المؤكد عمرها بالضبط . وتوجد فى مناطق محددة، فى شمال غرب المرتفعات فى سكوتلندا north-west Highlands of Scotland، وكذلك فى الهبريدز Hebrides، حيث توجد بشكل واضح فوق جزيرة لويس Lewis Island. وتشمل مجموعة اللويزىLewisian group أنواعا كثيرة من الصخور، تضم صخور النيس gneisses والشيست schists وكل أنواع الصخور المتحولة، وتخترق هذه الصخور سلاسل من الجدد القاطعة dykes وتعرضت هذه المجموعة. الصخرية المعقدة كلها إلى الطى الشديد نتيجة للحركة الأوروچينية القديمة ancient orogeny.

•التوريدونى Torridonian

إن عمر صخور التوريدونى غير معلوم، لكن هذه الصخور ترتكز فوق صخور اللويزى مباشرة، وتعلوها صخور الكمبرى الأسفل. ويقتصر وجود صخور التوريدونى على اسكتلندا بالتحديد، حيث يبلغ سمكها ٢٠ ألف قدم فى منطقة سكاى Skye. وتشمل صخور التوريدونى مجموعة من الصخور الرسوبية تتميز بالحجر الرملى الأركوزى الأحمر red arkosic sandstone، ونظرا لأن صخور الأركوز غنية فى محتوى الفلسبار، وهو معدن حساس لعملية التجوية فى الظروف الرطبة، لذا يفترض أن تلك الصخور ترسبت بسرعة.

•الموينى Moinian

يعد تحديد عمر النَّسق الموينى من الأمور الصعبة، نظرا لعملية الطى التى تعرض لها لاحقا، لكن عمر الموينى قدر بحوالى ١٠٠٠ مليون سنة. وتتكون صخور هذا النسق من مجموعة من الصخور المتحولة، توجد متصدعة مدسورة بواسطة صدع عملاق رماها فوق صخور التوريدونى وصخور اللويزى. (thrust)

ربما تكون هذه المجموعة متزامنة أو أحدث قليلا من الموينى. ويشكل الدالرادى الجزء المركزى للمرتفعات الاسكتلندية central Highlands of Scotland، ويتكون من سلسلة محددة مميزة من الصخور، تشمل الجروق graywacke، والحجر الجيرى الطحلبى algal limestone، وكذلك صخورا بركانية. وتوجد بعض الحفريات من الكمبرى المبكر فى الطبقات العلوية، وتشمل الترايلوبيتات trilobites. ويعتقد أن صخور الدالرادى العلوى تؤذن بنهاية ما قبل الكمبرى وبداية حقب جديد. هذه المجموعات الأربع التى ذكرت قاصرة على اسكتلندا، بينما فى المكاشف الصغيرة المنعزلة فى أماكن أخرى من إنجلترا وويلز، فقد وجد أنه يصعب جدا تأريخها وتحديد أعمارها. ومنذ حوالى ٧٠٠ مليون سنة مضت (قرب نهاية ما قبل الكمبرى)، كانت بربطانيا جزءا من قشرة جرانيتية ضخمة على هيئة قارة كبرى تسمى بانجايا Pangaea وهذه كانت تشمل أوربا والأميركتين وأفريقيا. وفى الوقت نفسه، كانت أستراليا قد انشطرت عنها، ويفصل بينهما بحر ضيق ضحل. وتكوّن صخور ما قبل الكمبرى درعا جرانيتيا ثابتًا فى وسط وغرب أستراليا.

٢- حقب الباليوزوى The Palaeozoic Era

تمثل بداية الباليوزوى (حقب الحياة القديمة) أول تسجيل دقيق للتاريخ الجيولوجى. ولم تتعرض صخور الحقب الباليوزوى إلى تغيرات فيزيقية هائلة، مثل تلك التى تعرضت لها صخور حقب ما قبل الكمبرى. وتتميز صخور حقب الباليوزوى بوفرة الصخور الرسوبية، والكثير منها يتميز بمحتوى حفرى كبير للغاية.

ويقسم حقب الحياة القديمة الذى بدأ منذ أكثر من ٦٠٠ مليون سنة إلى ستة أدوار six periods (يقسم فى أميركا إلى سبعة أدوار) من الزمن الجيولوجى. وتختلف هذه الأدوار فى مدتها الزمنية؛ إذ يتردد عمر الدور بين ٢٠ مليون سنة ومئة مليون سنة. وقد قسمت هذه الأدوار الجيولوجية على أساس فترات قصيرة نسبيا من الرفع القارى. وخلال هذه الفترات انحسرت البحار عن القارات.

وفترات الرفع هذه تلتها فترات غمرت البحار فيها القارات جزئيا وترسبت الرواسب فى تلك الأجزاء المغمورة.

والآن دعنا نلخص أدوار حقب الحياة القديمة، وندرس بعضا من تاريخها الفيزيقى، ومناخها وأشكال الحياة فيها.

٤-الدورالكمبرى The Cambrian Period

الدور الكمبرى هو أقدم أدوار حقب الحياة القديمة (الباليوزوى). وهو أول أدوار التاريخ الچيولوچى الذى نجد فيه وفرة من الحفريات التى حفظت جيدا. واشتق اسم الدور من كلمة Cambria وهو الاسم اللاتينى لمقاطعة ويلز Wales حيث درست هذه الصخور لأول مرة فى تلك المقاطعة.

وقد بدأ دور الكمبرى منذ ٦٠٠ مليون سنة تقريبا، عندما كان يغمر معظم بريطانيا بحر ضحل، وزاد عمق هذا البحر ببطء عندما هبطت المنطقة لتتكون قعيرة الباليوزوى الكبرى vast Paleozoic geosyncline التى امتدت من أيرلندا عبر مقاطعة ويلز ونظام الجبال المركزى الذى يفصل بين المناطق العالية والمناطق المنخفضة فى اسكتلندا ثم تصل إلى اسكندنافيا. وتتكون قاعدة الكمبرى السفلى من صخور الكونجلوميرات تليها إلى أعلى سلسلة من الطفلة اللاحفرية وصخور الجريت ثم مجموعة لنجويلا lingulella group الغنية بحفريات الترايلوبيتات (ممثلا بجنس *Agnostus*، وجنس *Paradoxides*)، وحفريات المسرجانيات (جنس *Lingulella*) وظهور أول جرابتوليت شجيرى dendroid graptolite (*Dictyonema*) فى الكمبرى العلوى. وتشمل هذه المجموعة جزءا من حجر دورنس الجيرى Durness limestone والتى تتكون طبقاته السفلية من صخور الكمبرى التى ترتكز مباشرة على صخور التوريدونى Torridonian فى اسكتلندا. وقد تعرضت طفلة ويلش Welsh Shales إلى عملية التحول مكونة صخور الأردواز التى تستخدم فى« تبليط» الأسقف.

ومن المحتمل أن تكون الكتلة البرية التى أصبحت أميركا فيما بعد، كانت أكثر قربا من أوربا فى ذلك الوقت، وكانت مصدرا للمواد التى ترسبت فوق الصخور التى ذكرت فيما سبق، بالرغم من أن ثلثها تقريبا كان قد تعرض للغمر

أيضا. وفى الوقت نفسه، فقد صار البحر الأسترالى أكثر ضيقا إلا أنه ظل ضحلا. وفى الدور الكمبرى، سادت الترايلوبيتات والمسرجانيات غير المعشقة. وكانت الترايلوبيتات على وجه الخصوص متعددة، وكانت تشكل حوالى ٦٠ فى المئة من الفونة الكلية.

وفى الدور الكمبرى أيضا، كانت توجد بعض اللافقاريات مثل الحيوانات الأولية «البروتوزوا» protozoans، والإسفنجيات sponges، والقوقعيات snails، والديدانworms والكيسيات cystoids، والجرابتوليتات الشجيرية dendroid graptolites. أما عن الحياة البرية والحياة فى المياه العذبة فلا يوجد لها سجل فى صخور الدور الكمبرى؛ كذلك لايوجد أى دليل على بقايا الحيوانات الفقارية.

ويمكن أن تكون لنا تأملات فقط عن المناخ فى الدور الكمبرى، ويبدو أن المناطق المناخية لم تكن محددة بوضوح كما هو الحال اليوم؛ وعلى وجه العموم فيمكن القول بأن المناخ كان معتدلا وغير متباين equable.

٥-الدورالأردوفيشى The Ordovician Period

اشتق اسم الدور الأردوفيشى الذى استمر ٧٥ مليون سنة (أقصر من الدور الكمبرى بحوالى ٢٥ مليون سنة) من اسم قبائل أردوفيسيس Ordovices، وهى قبائل قديمة استوطنت مقاطعة ويلز. وتوجد صخور الأردوفيشى متوضعة فوق صخور الكمبرى بلا توافق (وفى بعض الأماكن تتوضع فوق صخور ما قبل الكمبرى)، ولاحقة لفترة رفع ·وقد حدثت حركة طغيان بحرى متجددة نشأ منها الدور كله الذى ينقسم إلى خمسة نسق، وهذه بدءا بأقدمها هى:

أرينج Arenig، ليلانفرن Llanvirn، ليلانديلو Llandeilo، كارادوك Caradoc، أشجيل Ashgill، وفى بعض الأحيان يُضم النسقان الأخيران فى نسق واحد يسمى نسق بالا Bala Series.

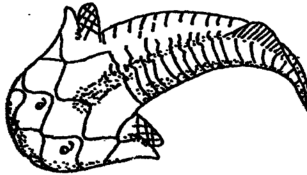
وكانت صخور الأردوفيشى أساسا طفلة جرابتوليتية سوداء تتخللها رواسب بحرية ضحلة تحتوى على وفرة من الترايلوبيتات والمسرجانيات. وقد تعرضت بعض رواسب الطفلة إلى عمليات التحول فصارت صخرا أردوازيا. وقد تميزت

القـعـيرة العظمـى بشىء لم يكن ظاهرا فى أثناء الزمن الـكمبـرى وهو النشـاط البركانى الكبير، الذى تسبب فى ترسيـب كميات هائلة من الرماد البركانى واللابة وبخاصـة فى سنودونيا Snowdonia. وهذه المواد التى ترسبت فى تلك الفـترة قد أتت من الشـمال الغـربى ومن المرتفعـات الاسكتلندية Scottish Highlands التى أصبـحت كتلة برية. وهناك كـتلتان أخريان منخـفضتـان بريّتان وجـدتا جزءا من الوقت خـلال هذا الـدور: امتـدت الأولى عـبـر البـحـر الأيرلندى Irish Sea. وجزيرة مان Isle of Man وفى منطقـة البحـيرات؛ وامتـدت الكتلة الثانـية من جنوب يوركشير إلى الجنوب حـتى مقاطعة كنت Kent وعبر مصب نهـر السيفرن Severn Estuary. وهناك بحـوث عـديدة أجـريت عـلى صـخـور هذه المناطق الأردوفيشية وما بها من حفريـات، قام بها سير رودريك مورشيـسون Sir Roderick Murchison وآدم سدويك Adam Sedgwick، لذلك جـرى تكريمهـمـا بإطلاق اسميهـما على بعض حـفريات تلك الفـترة: *Murchisoni Didymograptus* أو «جرابتـوليت الشوكـة الرنانة Tuning-fork graptolite» و *Angelina sedgwicki* وهى من الترايلوبيتات، وقد سجل وجود خط سـاحل قديم كاملا بجروفه ومعالم خطوطه الشـاطئية فى أجـزاء من المنطقة. ولا بد أن نتـذكر أن نُسق الأردوفـيشى الخمسة لا توجد كـاملة دائما فى أى مكان من المنطقـة، فعلى سبـيل المثال، فى أجـزاء مـن شرويشـايـر توجـد طبـقات الكاردوك (الأردفـيـشى العلوى) وترتكز مباشرة فوق صخور الكمبرى وما قبل الكمبرى.

وأغلب الظن أن مناخ الأردوفـيشى كان مـعتدلا ومـتباينا فى مـعظم أنحاء العالم، أما المناطق المناخية، إذا وجدت، فمن المفروض أنها كانت أقل وضوحا من مثيلاتها فى الوقت الحاضر. وقد كانت بحار الأردوفيشى الواسعة الانتشار والدافئة سببـا مباشرا فى انتشـار الحياة البحرية وامـتدادها خلال تلك الفـترة. وقد استنتج ذلك من السجل البـاليتنولوجى، الـذى يـدل عـلـى أن هذه البحار كـانت زاخرة بالأعـشـاب البـحرية، والـبروتوزوا، والمـسرجـانيـات والبـريوزوا، والمراجـين، والجوفـمعـويات، ورقائقـيات الخـياشـيم، والرأسقـدميـات، والتـرايلوبيـتات، والكيسـيات، والزنبقـاتيات، وأوائل الجلدشـوكيات والجـرابتوليتـات التى اتخذت أشكالا ذات ثمانية أو أربعة أو اثنين من الأفرع. ومن الأمور الملحوظة، هو التطور

الكبير للرأسقدميات المستقيمة وذات الأشكال القمعية والتى وصل طول بعضها إلى ١٥ قدما.

وبالرغم من غياب الفقاريات فى بريطانيا، إلا أنها كانت قد بدأت فى الظهور، وكانت فى بدايتها أسماكا مدرعة صغيرة وبدائية (شكل ١٤٨)، وكانت بقاياها كسر من صفائح عظمية وحراشيف. وتسمى هذه الحيوانات ذات الظهر العظمى باسم اوستراكودرمات ostracoderms، وقد وجدت بقاياها لأول مرة فى جبال روكى بأميركا.



شكل (١٤٨)
استراكودرم Ostracoderm، من الأسماك البدائية

٦-الدورالسيلورى The Silurian Period

ترجع تسمية الدور السيلورى بهذا الاسم نسبة إلى قبائل سلتية قديمة (السيلوز) كانت تعيش فى ويلز، حيث دُرِست صخور السيلورى لأول مرة.

ويبدو أن هذا الدور استمر لفترة قصيرة نسبيا، حوالى ٢٠مليون سنة (بالرغم من أن بعض المصادر تقدر فترة استمرار الدور السيلورى بحوالى أربعين مليون سنة)٠وحتى الآن لم تستقر الآراء على تقسيم الدور السيلورى إلى أنساق series، لكن معظم الجيولوجيين يقسمونه ثلاثة أنساق هي: لاندوفرى Llandovery، وونلوك Wenlock، ولدلو Ludlow. وكانت الصخور التى ترسبت فى الدور السيلورى متشابهة فى فترة ما مع صخور الدور الأردوفيشى، ولكن حدث إطماء تدريجى للقعيرة الكبرى geosyncline بكميات كبيرة من

الجروق والطفلة الجرابتوليتية graptolitic shale. وعلى حواف قاع القعيرة الكبيرة توجد الأحجار الجيرية والشعاب المرجانية متبادلة مع الطفلة. وقد حدث نقصان للنشاط البركانى، لكن الاضطرابات القشرية ازدادت مع قدوم الحركة الكاليدونية الأوروجينيةCaledonian Orogeny وباستثناء منطقة المرتفعات الاسكتلندية Highlands of Scotland، فقد تقدم البحر تدريجيا ليغمر الكتل البرية الأردوفيشية، كما ظهر إصبعان جديدان two new fingers من البر ناحية الجنوب الغربى فى اتجاه مصب نهر السيفرن وعبر الأجزاء الجنوبية لأيرلندا (شكل ١٤٩).

شكل (١٤٩)
الدور السيلورى

وقد اعتبر البعض الطبقة العلوية من الدور السيلورى على أنها الطبقة القاعدية للدور الذى يلى السيلورى من أعلى. وهذه الطبقة ذات شأن كبير، وتسمى طبقة لدلو العظميةLudlow Bone-Bed ويبلغ سمكها عدة بوصات فقط وتحتوى على عدد كبير من كسر الأسماك البدائية، والتى لم تكن وجدت قبل ذلك

إلا فى أميركا فقط. وهناك أدلة على أن هذه الأسماك كانت حيوانات مياه عذبة، وعليه فأغلب الظن أن لها أسلافا انقرضت دون أن تترك خلفها سجلا حفريا.

• الحركة الكاليدونية Caledonian Orogeny

بدأت هذه الحركة خلال الدور السيلورى وبلغت أوجها حتى جعلت وهدة القعيرة الكبرى geosynclinal trough منطقة جبلية تمتد حتى اسكندنافيا. وقد صاحب هذه الحركات التكتونية انفجار للنشاط البركانى عندما تدخلت الصخور الجرانيتية فى الصخور الأقدم منها، كذلك فإن الصخور التى طويت وتصدعت بشدة من أثر هذه الحركات كان من الصعب دراستها وحل طلاسمها. لكن هناك البحوث الكثيرة أجريت على هذه الصخور والتى قام بها مارشيسون Murchison وشدويك Sedgwick، وتركت مهمة تصنيف هذه الصخور إلى الأستاذ تشارلز لابورت Charles Lapworth، الذى استخدم لذلك طريقة ابتكرها ويليام سميث William Smith «رائد الجيولوجيا البريطانية» والتى تعتمد على مضاهاة الصخور طبقا لمحتواها الحفرى.

وبنهاية الدور السيلورى وقدوم الحركة الكاليدونية، حدثت تغيرات عظيمة فى الفونة، فانقرضت الجرابتوليتات الحقيقية، وقلت الترايلوبيتات trilobites، وبدأت الفقاريات فى الظهور، وحلت أشكال جديدة محل الأشكال القديمة.

ومن المحتمل أن مناخ السيلورى كان دافئا ومعتدلا عبر مناطق شاسعة ممتدة، وقد بنى هذا الافتراض على أساس وجود أعداد كبيرة من المراجين البانية للشعاب وكذلك رواسب الحجر الجيرى والدولوميت ذات السمك الكبير المنتشرة فى أماكن كثيرة.

وتعد رواسب الملح والجبس الهائلة التى توجد فى الدور السيلورى العلوى، دليلا على سيادة فترة قحولة شديدة فى مناطق العالم التى وجدت فيها هذه الرواسب. وتتميز الحياة البحرية فى الدور السيلورى بامتداد وانتشار المراجين البانية للشعاب، والمسرجانيات المعشقة، والبريوزوا والجلد شوكيات، والرخويات والجرابتوليتات (جنس *Monograptus* أساسا وبعض الأشكال المعقدة والعديدة التفرع والأشكال الملتفة coiled). ووصلت الترايلوبيتات إلى قمة تطورها قبل أن

يحدث لهـا تدهور سريع حتى قاربـت الانقراض. كذلك كانت هناك لافـقاريات كثيـرة تعيش فى بحار الكمـبرى والأردوفيشى. وكـانت أكبر الحيـوانات تميزا فى السيلورى مجمـوعة من المفصليات التى تشبه العقـارب والتى تسمى باليوريبتريدات eurypterids أو العقارب البحرية.

وتعـد الأسمـاك البـدائية هى الفـقـاريات الوحيـدة التى سـجلت فى دور السيلورى، والتى كانت تشبه مثيلاتها بصخور الدور الأردوفيشى.

وفى دور السـيلورى ظهـرت أول نـبـاتات وحـيـوانات برية. وكـانت أول حيوانات برية هى العـقارب والديدان ذات الألف قدم millipedes، وقد ظهرت فى الدور السيلورى المتأخر. كـما عثر على كسر متحفـرة لما يسمى بالنباتات البرية land-dwelling plants فى صخور السيلورى العلوى فى إنجلترا وأستراليا. وخلال أدوار الأردوفيـشى والسيلورى، أخـذ البحر يضـيق فى أستـراليا وبدأ يهـاجر إلى الشرق.

٧-الدورالديفونى The Devonian Period

ترجع تسـمية الديـفونى Devonian إلى اسم مـقاطعة ديفـونشاير بإنجـلترا devonshire، حيث درست الصخـور البحرية لأول مرة. واستـمر الدور الديفونى مدة طولهـا بين ٥٠ و ٦٠ مليون سنة. وقد تسـببت الحركـة الكاليدونية فى قـيام سلاسل جبال عظيمة، وكان معظم بريطانيـا جزءا من قارة خط شاطئها يجرى عبر المقاطعات الجنوبية.

ويقسم الدور الديفونى طبقا للرواسب القارية إلى:

* الحجر الرملى الأحـمر القديم Old Red Sandstone، والصخور البحرية الديفونية Marine Devonian.

• الحجرالرملى الأحمرالقديم Old Red Sandstone

(يخـتصـر الاسم إلى O . R . S) وتنكشف صـخـوره فى الوادى الأوسط لاسكتلندا Midland Valley وشيفيوتس Cheviots، وفى مناطق أخرى كثيرة فى إنجلترا وويلز Wales.

وتحتوى هذه الصخور على حفريات قليلة، وهى طبقات حمراء فى الحالة النموذجية، لكنها تحتوى على طبقات ذات ألوان متعددة. ويسمى الحجر الجيرى اللاحفرى الموجود ضمن هذه الصخور باسم كورنستون cornstones، وربما يكون هذا الصخر قد تكون نتيجة لعملية التبخر. لكن الحجر الرملى الأحمر القديم يتكون فى صورته المثالية من صخور المارل والحجر الرملى الغليظ التحبب. وقد طفحت البراكين كميات هائلة من الرماد البركانى واللابة فى الوادى الأوسط لاسكتلندا. وفى جنوب إنجلترا كانت هناك دلتا كبيرة ومنطقة مستنقعات تصرف مياهها فى البحر.

● **الديفونى البحرى Marine Devonian**

تتكون الطبقات البحرية التى أدت إلى تكوين التربة الحمراء فى ديفون Devon من أحجار جيرية وطفلة وأحجار رملية تمثل دورة مثالية للرف البحرى typical shelf - sea cycle تتكون من أحجار جيرية وطفلة وأحجار رملية.

وقد تقدم البحر خلال هذه الفترة وتراجع بشكل متكرر حين تعرضت المنطقة للهبوط. ويوجد اليوم قطاع رأسى يمر خلال طبقات بحرية تتبادل مع رواسب برية ودلتائية deltaic .

ويبدو أن المناخ فى معظم أقسام الدور الديفونى كان معتدلا ولا توجد أدلة على وجود أحزمة مناخية واضحة فى أى مكان فى العالم خلال هذا الدور. وتميزت الحياة الديفونية بانتشار النباتات البرية land plants وتزايد الحيوانات الفقارية. واشتملت النباتات على أسلاف غابات مستنقعات الفحم التى قدر لها أن تسود معظم الدور التالى. وتمثلت الحيوانات اللافقارية بأنواع عديدة من المراجين البانية للشعاب، والإسفنجيات، والجلدشوكيات (وبخاصة الزنبقانيات)، ورقائقيات الخياشيم، والبطنقدميات.

وكانت المسرجانيات أكثر الحيوانات شيوعا فى الزمن الديفونى. وفى هذا الدور كانت الترايلوبيتات موجودة ولكن أعدادها كانت فى تناقص مستمر. وكان ظهور أول الأمونويدات ammonoid ممثلا بظهور أشكال صغيرة لها خط درز من النوع الجونياتيتى goniatitic؛ وكذلك ظهرت الحشرات لأول مرة.

وبالنسبة للفقاريات فقد تعرضت لتطورات غير مسبوقة، وشاع وجود أسماك المياه العذبة والأسماك البحرية. ومن بينها الأستراكودرمات ostracoderm، والأسماك الفكية jawed fishes والبلاكودرمات المدرعةarmoured placoderms. وظهر القرش الحقيقى؛ كذلك ظهرت مجموعة من الأشكال الكبيرة الشبيهة بالقروش sharks وتعرف باسم الأرثروديرات arthodires وكان البعض منها مدرعا بعظام قوية ووصل طول الواحد منها ثلاثين قدما .

وبالرغم من ذلك فقد كان أهم شيء فى هذا الموضوع هو ظهور أول أنواع الفقاريات ذوات الأربع. ويبدو أن البرمائيات البدائية قد نشأت عن أسماك الكروسوبتريجات crossopterygians أو الأسماك الديفونية ذوات الرئات lungfishes .

٨-الدور الكربونى The Carboniferous Period

استمر الدور الكربونى لمدة تزيد على٦٥ مليون سنة، ويقسم إلى ثلاثة أطوار محددة طبقا لنوع الصخور الموجودة:

الحجر الجيرى الكربونى Carboniferous Limestone؛ جريت حجر الطاحون Millstone Grit ومتكونات الفحم Coal Measures ويعرف الحجر الجيرى الكربونى أيضا باسم الدور الكربونى السفلى، ويكافئ تقريبا ما يسميه الأميركيون باسم الدور الميسيسيبى Mississippian Period وتمثل متكونات الفحم الدور الكربونى العلوى والذى يطلق عليه اسم الدور البنسلفانى Pennsylvanian Peoiod فى أميركا.

• الحجر الجيرى الكربونى Carboniferous Limestone

خلال هذه الفترة من الدور الكربونى، تقدم البحر بثبات فى اتجاه الشمال فوق بقايا قارة الحجر الرملى الأحمر القديم، المعروفة باسم أرض القديس جورج Saint Greorge's Land مكونا طبقات سميكة من الحجر الجيرى. وقد قسمت هذه الطبقات إلى نطاقات طبقا لأشكال المراجين الموجودة بها . وتتميز قاعدة الحجر الجيرى بنطاقات أحدث كلما اتجهنا شمالا (استدل على ذلك من أشكال المراجين

والمسرجانيات الموجودة)، وبينما كان هذا يحدث، كانت هناك دلتا تتصرف فى وسط اسكتلندا ودخل أثناء ذلك نشاط بركانى. وتقدم أيضا بحر قديم إلى يوركشير عبر جبال بنينز Pennines، ونتج عن تلك الظروف غير الثابتة، دورة ترسيبية متواترة (رثمية) rhythmic تعرف باسم سحنة يورديل Yoredale facies وهى تتكون أساسا من تتابع من الحجر الجيرى والأردواز والحجرالرملى، وفى بعض الأحيان أشرطة من الفحم.

• جريت حجر الطاحون Millstone Grit

تغطى الصخور المعروفة باسم جريت حجر الطاحون معظم وسط إنجلترا، وقد تكونت فى ظروف دلتائية deltaic conditions حيث يختلط صخر الجريت البريشى brecciated grit، رديء الفرز ذو التطبق الكاذب مع أشرطة من رواسب بحرية، مما قد يدل على أن الظروف السائدة آنذاك لم تكن مستقرة. وإلى الجنوب كانت هناك قعيرة عظمى geosyncline تمتد عبر القنال الإنجليزى English channel وسرعان ما ملئت بالجراوق greywackes.

• متكونات الفحم Coal Measures

أدى وجود المستنقعات الضخمة المتسعة، والنمو الوافر للنباتات، والظروف غير المستقرة باستمرار إلى هذا الطور الفريد من التاريخ الجيولوجى. فعندما هبط قاع البحر وارتفع البر، حدث تحات للمواد الصخرية ثم حدث لها ترسيب، وانعكست الآية على هيئة ترسيب متواترrhythmic من الطفلة البحرية وحجر الطين اللاجونى lagoonal mudstone وصخر الجريت الدلتائى deltaic grit والحجر الرملى والحجر الطينى والطين الحرارى المستنقعى swampy fireclaysوالمراجين. ويعد توزيع مراكز مناجم الفحم فى بريطانيا دليلا على الانتشار الواسع لتكوينات الفحم، التى امتدت تحت بحر الشمال.

وبنهاية الدور الكربونى حدثت حركة عظيمة أخرى بانية للجبال تعرف باسم الحركة الأرموريكية Armorican (أو الهرسينية Hercynian) وكان تأثير هذه الحركة شديدا وملحوظا فى الجنوب، حيث تدخل جرانيت دارتمورDartmoor granite هو والتمعدنات المصاحبة له، وكذلك النشاط البركانى. وفى اتجاه الشمال، كان التأثير

أقل شدة، وكان الطى والتصدع أكثر لطفا. وخلال الدور الكربونى كانت الحياة مزدهرة على البر وفى الماء، فكانت البحار زاخرة باللافقاريات مثل الفورامينيفيرا foraminifers، والبريوزوا bryozoans والمسرجانيات brachiopods، والرأسقدميات cephalopods والبرعمانيات blastoids، والزنبقانيات crinoids (كونت فى بعض الأماكن كتلا من الحجر الجيرى الزنبقانى crinoidal limestone) والمراجين corals. واشتملت المسرجانيات التى تستخدم حفريات نطاقية zone fossils مع المراجين Corals على جنس برودكتس الشوكى Spiny *Productus*. أما المراجين التى استخدمت حفريات نطاقية فى الحجر الجيرى الكربونى فهى(من الأقدم إلى الأحدث):

Cleistopora (نطاق K)، *Zaphrentis* (نطاق Z)، *Coninia* (نطاق C)، وسمى النطاق الذى يليه نسبة إلى المسرجانية *Seminula* (نطاق S). وهذا الجنس الأخير يرتبط غالبا بالمرجان الكتلى massive coral المسمى *Lithostrotion*. وأخيرا يأتى (نطاق D) المسمى باسم الجنس *Dibunophyllum* وقد قسمت هذه النطق الرئيسة إلى نطيقات فيما بعد. وقد تقدمت رقائقيات الخياشيم lamellibranchs إلى بحيرات المياه العذبة .وكونت الحشرات جزءا مهما من الفونة واشتملت على أنواع ذات أجنحة عرض امتدادها يصل إلى ٣٠ بوصة. وكانت الحشرات ضرورية للإخصاب الناجح لبعض النباتات التى كانت مزدهرة للغاية. وكانت الغابات المستنقعية مكونة من السرخسيات الكبيرة large ferns وبعض النباتات الأخرى، ومن أكثر أنواع الفلورة شيوعا كانت أجناس *Lepidodendron* و*Sigillaria*.

وتنوعت الأسماك، وبلغت البرمائيات ذروة تطورها وكانت أعظم خطوة إلى الأمام تختص بالفقاريات هى ظهور الزواحف التى كانت لها القدرة على أن تضع بيضا له صدفة أو قشرة جيرية .

وفى الوقت نفسه، مرت على أستراليا فترة بناء جبال أدت إلى اختفاء البحر الذى كان موجودا وصامدا منذ الدور الكمبرى. وكان النشاط البركانى له أثره الواضح جهة الشرق، بينما ترسبت الأحجار الجيرية الغنية بالمراجين فى بقايا البحر.

٩-الدور البرمى The Permian Period

ترجع تسمية البرمى Permian إلى إقليم برم Perm بوسط روسيا، وهو آخر أدوار حقب الحياة القديمة، وقد استمر حوالى ٥٠ مليون سنة.

وفى الدور البرمى كان المناخ والجغرافيا والفونة والفلورة مختلفة إلى حد كبير عن مثيلاتها فى الأدوار السابقة من حقب الحياة القديمة.

وكانت بريطانيا أرضا قاحلة بعد الحركة الأوروجينية الأرموريكية Armorican Orogenyوكانت طبقات البرمى هزيلة والحجر الرملى الذى تكون خلال هذا الدور وفى الدور الترياسى Triassic الذى تلاه كان يعرف باسم الحجر الرملى الأحمر الجديد New Red Sandstone وتوجد صخور البرمى فى توربای بمقاطعة ديفون كأقصى انتشار لها جهة الجنوب، حيث تتمثل بالأحجار الرملية الحمراء اللون والبريشة. وإلى الشمال، توجد صخور المارل التى حلت محل متكونات الفحم، وترسبت كتل من الأحجار الرملية فى ظروف شبه صحراوية وتتميز حبيباتها بأنها فى حجم حبة الدُّخن وأن تطبقها كثيبى.

وقد امتد ذراع من بحر الزيخشتاين Zechstein Sea (وهو بحر عالى الملوحة) إلى وسط وشمال بريطانيا حيث توضعت رواسب فريدة من الحجر الجيرى المغنيسى. ويحتوى هذا الحجر الجيرى الدولوميتى على أشكال سرئية ودرنات وكرات من الحجر الجيرى قد يصل قطر الواحدة منها أربع بوصات. ولما تبخر بحر الزيخشتاين، ترسبت الرواسب الملحية ذات الأهمية الاقتصادية.

وتعد الشواهد الحفرية فى هذا الدور غير كافية ولكن القليل الموجود منها يشير إلى تغيرات عظيمة؛ فالترايلوبيتات التى كانت قد بدأت تختفى بالفعل فى بريطانيا أصبحت منقرضة. كذلك اختفت المراجين المتجعدة rugose corals والأمونيات الجونياتيتية، وزنبقانيات الباليوزوى والقنفذانيات(فيما عدا centrechinoids)، وتلاشت البرعمانيات والكيسيات للأبد. وتناقصت المسرجانيات فى أعدادها وأصبحت صغيرة ومتقزمة stunted، لكنها كانت لا تزال موجودة. وتطورت أشكال جديدة للحياة فى بحر التيثز Tethys الذى يوجد فى مكانه تقريبا البحر المتوسط فى أيامنا هذه).

وكانت الصورة فى أميركا مشابهة لهذه الأحوال، لكنها لم تكن كذلك فى كل الأماكن. ولأول مرة حدث تغير صارخ فى المناخ حول العالم. وأخذت قارة أستراليا شكلها الحالى وأبعادها الحالية أيضا. وتعرضت هى وجنوب أفريقيا وأميركا الجنوبية إلى التثلج الشديد فغطتها مثالج هائلة عند بداية هذا الدور. ثم سادت بعد ذلك ظروف أكثر اعتدالا، وقد نشأت وتطورت أراض مستنقعية فى معظم أستراليا وآسيا وكانت شبيهة بتلك التى ظهرت فى الدور الكربونى.

ويستخرج الفحم من الدور الكمبرى فى أوربا والهند والصين وأستراليا، كما توجد طبقات قليلة منه فى أميركا. وكانت النباتات فى هذا الدور متشابهة إلى حد كبير مع نباتات الدورالسابق.

واستمرت البرمائيات والزواحف فى ازدهارها وسيادتها على البر، وكان بعض من الزواحف يبدى صفات الثدييات.

١٠-حقب الميزوزوى (حقب الحياة المتوسطة) The Mesozoic Era

سمى حقب الحياة المتوسطة بهذا الاسم، لأنه يمثل الفترة الانتقالية من النباتات والحيوانات البدائية نسبيا التى ظهرت فى حقب الحياة القديمة إلى الأشكال الأكثر تطورا فى الحقب الكاينوزوى (حقب الحياة الحديثة)، ومن ثم فيطلق على هذا الحقب اسم حقب الحياة الوسطى Middle-Life وخلال ١٦٧مليونا من السنوات وهى الفترة الزمنية التى دام خلالها حقب الحياة المتوسطة، حدث توسع وانتشار غير مسبوق للحيوانات البرية (وبخاصة الزواحف) وكان الشىء المهم أيضا هو ظهور الثدييات لأول مرة وكذلك النباتات الزهرية والطيور.

١١-الدور الترياسى The Triassic Period

الدور الترياسى هو أول أدوار حقب الحياة المتوسطة، واشتق اسمه من كلمة يونانية هى *Trias* ومعناها ثلاثة. ويرجع ذلك إلى التقسيم الثلاثى **threefold division** لصخور هذا الدور فى وسط ألمانيا حيث وصف لأول مرة. ويوجد فى بريطانيا أقدم نسق وأحدث نسق فقط من الترياسى، وهما: بنتر **Bunter** وكويبر **Keuper** على الترتيب، إذ لم يصل القسم الأوسط (الحجر الجيرى الصدفى أو الموشلكالك = **Muschelkalk**) إلى شواطئ بريطانيا.

ويتكون البونتر Bunter مـن أحجـار رملية مبرقـشة mottled sandstones وطبقات حـصوية pebble beds. وكان بحر زخـشتاين Zechstein Sea لا يزال يتبخر فى الـشمال ·ويدل وجـود الوجهريحيـات الثلاثية الأوجه dreikantersعلى الظروف الريحية.

ويتكون الكويبر Keuper من أحجار رملية ومـارل (جيرى بالكاد) ورواسب ملحية. وكان البـحر يقترب تدريجيا من الشواطئ الجنوبية لبـريطانيا، وجلب معه ظروفا رطبـة، ويستدل على ذلك مـن رواسب المارل الخضراء المعـروفة باسم Tea Green Marls والمنكشفة فى مصب نهر سيفرن Severn Estuary.

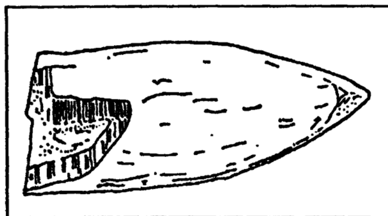
وانتهى الدور الترياسى بتكوين مجموعة من الطبقات الانتقالية المعروفة باسم النسق الرايتى Rhaetic Series، الذى اعـتـبـر لمدة طويلة أنه جـزء من الدور الجوراسي، لـكن محتـواه الحفـرى يؤكد أنه يتـبع الدور الترياسى، وقـد تكونت صخور الرايتى فى لاجـونات قطعت من البحر المتقدم بحواجـز منخفضـة، لذلك فهـى من طبقات صلصالية أساسا.

وتتكون طبقات الرايتى العظمية المشهـورة من بقايا من الأسماك والبرمائيات والزواحف، ويبلغ سـمكها حوالى بوصـتين. ويرتكز الـحجر الجيـرى فوق النسق الرايتى ويشـمل ما يسـمى خطأ باسم رخـام كوثمـان Cothman Marble الذى يستـخدم فى أغراض الزينة. ويدل وجـود بقايا الزواحف والبرمـائيات على مناخ معتدل ساد معظم أزمنة الدور الترياسى.

ويدل وجـود بعض النبـاتات المتحـفـرة فى بعض الأمـاكن على مناخ دافئ رطب، بينما تدل رواسب الملح والجبس فى بعض المناطق على مناخ قاحل.

وفى الدور الترياسى، كانت الحـياة مختلفة كثيـرا عن الحياة فى أدوار حقب الحياة القديمة، حيث ظهرت مجموعات جديدة، سواء مائية أو برية. وكانت هناك تغيرات هامـة فى اللافقاريات والفقـاريات والنباتات. وشاع وجود النبـاتات البرية مثل الصنوبريات والسيكاديات والسراخس. وكـانت هناك أنواع محددة من نباتات الفحم التى لاتزال تعـيش ·وتمثل الجذوع المتحـجرة للأشجار الموجـودة فى الغابة المتحجرة بأريزونا بقايا الأشجار الضخمة للدور الترياسى.

وتشمل اللافقاريات البحرية أعدادا كبيرة من الرأسقدميات cephalopods ورقائقيات الخياشيم lamellibranchs والبطنقدميات gastropods وقنافذ البحر echinoids والمراجين coral وكذلك أنواعا ممثلة لمعظم الشعب الأخرى للافقاريات. ويلاحظ أن عدد المرجانيات قل كثيرا وبالرغم من استمرار وجودها. وربما تكون الأمونيتات ammonites (الرأسقدميات الصدفية shelled cephalopods، والتى يوجد بها حواجز مشرشرة frilled Septa) هى أكثر أنواع الحيوانات المميزة لتلك الفترة. وكانت البليمنينات belemnites شائعة (شكل ١٥٠) وهى من أقارب الحباريات الحديثة modern squid. كذلك فإن المراجين البانية للشعاب التى تشبه الأنواع الحديثة كونت الشعاب المرجانية فى أجزاء كثيرة من العالم.



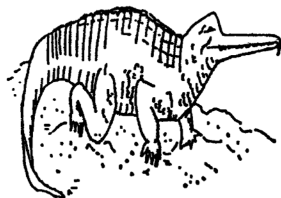
شكل (١٥٠)
بلمنيت *Belemnite*

وواصلت الفقاريات تطورها السريع، وكانت متنوعة وكثيرة، وكانت أسماك القرش sharksشائعة فى البحار، وتزايدت أعداد الأسماك العظمية الحقيقية true bony fishes وتنوعت كثيرا فى ضروبها. وظلت البرمائيات تعيش إلا أنها توارت فى ظل التطور السريع للزواحف التى ازدهرت ونمت بقوة.

وكانت الزواحف هى الفقاريات السائدة خلال الدور الترياسى، وكانت تمثلها السلاحف turtles والفيتوصورات phytosaurs والزواحف

البحرية marine reptiles والدينوصورات dinosaursوقد أبدت بعض من هذه الأشكال ميلا نحو الارتداد إلى أشكال سابقة قديمة. ولأنه لا يوجد بالطبع تطور تام عكسى(إلى الخلف) reversal evolution، فلم تصبح الزواحف البحرية أسماكا مرة أخرى، لكنها تأقلمت فقط مع الحياة البحرية. وسوف نجد أن للقروش(أسماك)، وللإكثيصورات ichthysaurs(زواحف) والدولفين dolphins (ثدييات) صفات متشابهة تجعلها تتأقلم مع بيئتها، ويقال لهذه الأشكال جميعا إنها تتطور تطورا متلاقيا convergent evolution.

وبمقارنة الدينوصورات القديمة بدينوصورات الدور الجوراسى والطباشيرى، سوف نجد أنها كانت صغيرة بالنسبة للدينوصورات العملاقة التى ازدهرت فى الدورين الجوارسى والطباشيرى، لكن بعضا من الزواحف البحرية وصلت إلى حجوم عملاقة، مثل الإكثيوصور الانسيابى الذى كان يشبه سمك أبو سيف swordfish، ومثل البليسيوصور الثقيل الحركة clumsy plesiosaurs. وقد وصل ارتفاع بعض من هذه الزواحف إلى ٤٠ قدما، بالرغم من أن ارتفاعها العادى كان يقل عن ذلك بكثير. وكانت هناك مجموعة مميزة من الزواحف مثل الفيتوصور البرمائى الذى كان يشبه التماسيح (انظر شكل ١٥١).



شكل (١٥١)
Phytosaur فيتوصور

١٢-الدور الجوراسى The Jurassic Period

سمـى هذا الدور بهذا الاسم نسـبة إلى جـبال الجـورا التى تقع بين فرنـسا وسويسرا ٠واسـتمر هذا الدور لمدة ٤٥ مليون سنة، وترجع شـهرته إلى الزواحف الكثـيرة التى عـاشت خلاله. ويقـسم الدور الجـوراسى إلى الجوراسى السـفلى، والجوراسى الأوسط، والجوراسى العلوى.

• الجوراسى السفلى Lower Jurassic

ويسمى أيضا اللياس Lias، وقد شهد تقدم البحـر فوق معظم أجزاء القارة مخلفا بعض الجزر البعيدة عن الشاطئ، وذلك ما أرهصت به أحداث أواخر الزمن الترياسى ٠وتتكون معظـم صخور اللياسى من الصلصال والطفلة، غـير أنه توجد صخـور من الحجر الجيـرى السرئى olitic limestones الغنى بالحديد فى جنوب إنجلترا. وقد كانت أرضية البحـر غير مستقرة unstable وقد أجريت بحوث كثيرة على الجوراسى السفلى لتخيل صورة عن الحركة الدؤوب نحو الشمال لذلك البحر الطينى الدافئ وذلك عن طريق دراسة نطق الأمونيتات ammonite zones.

ويتـميـز اللـيـاس العلوى Upper Lias بوجـود نوعـيـن من الطفلة، همـا: طفلـة الشـب alum shale، وطفلـة فـحم الجيـت Jet shales، ويستـغـل الشب اقتـصاديـا فى منطقـة ويتبـاى Whitby، وتستـخـدم طفلة فحم الجـيت فى بعض الأغراض الصناعيـة مثـل صناعـة المجوهـرات وأعمـال الزخرفـة.

• الجوراسى الأوسط Middle Jurassic

يضم الجوراسـى الأوسط الحـجر الجيـرى السرئى الشـهير المسـمى بالسرئـى العظيم وكذلك السرئى الأسفـل الـلذين ترسبا فى بحار ضحلة دافئة صافـية (كما هو موضح بالفـصل الرابع). ونتج عن عمليـات طى أرضية البـحر تكوّن قعـيرة كبرى geosyncline. ويوجد الحجـر الجيرى على هيئة أشكال عـديدة، فقد يكون من الجريت gritty، ويسـمى باسم مـحتـواه الحفـرى: مـثل جريـت ترايجونيـا Trigonia Grit، وجريـت كليـبيوس Clypeus مـثلا، وأحـيانـا يسمى الجـريت البازلائى لاحتوائه على درنات سرئيـة فى حجم حبات البازلاء. وتوجد الرواسـب الدلتاوية حول حافة اليابسـة.

بدأ الجوراسى العلوى بصخور الحجر الجيرى والحجر الرملى الغليظ التحبب، المسمى كورنبراش Cornbrash. وسرعان ما أصبح البحر طينيا وترسب الصلصال بثخانات هائلة فيما يعرف بصلصال أكسفورد (يستعمل أساسا فى صناعة الطوب) وصلصال كمبردج. وكانت الفترة الزمنية ما بين ترسيب صلصال أكسفورد وصلصال كمبردج تدل على ظروف بحرية واضحة، حيث ترسبت الأحجار الجيرية السرئية بصورة أكثر من قبل، وكذلك الحجر الجيرى المرجانى coral limestone وتسمى هذه الطبقات باسم الكورالى The Corallian. وعندما تراجع البحر جنوبا، أصبحت الأجزاء الجنوبية من إنجلترا مناطق غابات مستنقعية swampy forests، تضم نباتات وأشجار تختلف عن تلك التى سادت فى العصر الكربونى. وخلفت الزواحف الضخمة التى تكاثرت فى المستنقعات آثار أقدامها فى الطين.

ويمكن ملاحظة آخر نشاط بحرى فى طبقات بورتلاند Portland Beds التى تضم طبقات الحجر الجيرى السرئى والحجر الرملى. أمّا آخر الطبقات والمسماة طبقات بوربك Purbeck فهى أحجار جيرية ترسبت فى لاجونات من المياه العذبة fresh water lagoons وهنا نجد غابات متحفرة بالقرب من لالويرث Lulworth وتربة متحفرة fossillized soils أيضا.

وفى الدور الجوراسى توافرت وتنوعت الفُلُورة والفونة، وساعد على ذلك المناخ المعتدل اللاامتباين والبحار فوق القارية epicontinentel seas.

وفى الدور الجوراسى، تنوعت وازدهرت النباتات السيكادية cycads، لدرجة أن الدور الجوراسى يسمى أحيانا «عصر السيكاديات» وكانت الغابات فى هذا الدور تشمل السرخسيات ferns، والسيكاديات cycads والجنكة ginkgas والأسل (السّمار) rushes؛ وهو نوع من النباتات له أوراق اسطوانية طويلة وكذلك الصنوبريات conifers.

وصارت اللافقاريات وفيرة بشكل ملحوظ فى الدور الجوراسى، وقد كونت المراجين البانية للشعاب والمراجين المسطحة tabulate آخر شعاب لها فى البحار الدافئة وحول اللاجونات.

وازدهرت رئائقيات الخياشيم (المحاريات) فى المياه البحرية والمياه العذبة. وتنوعت القنفذانيات، وكذلك البطنقدميات والفورامينيفرا والجماعيات (الحزازانيات) التى كثرت فى البحار.

لكن الجدير بالذكر هو ما حدث مع الرأسقدميات؛ (الأمونيتات ammonites والبلمنيتات belemnites)؛ فالنسبة للأمونيتات، حدثت لها تغيرات سريعة، وأدى التعقيد الذى طرأ على خط الدرز suture line ونُظُمه إلى استخدامها فى تقسيم صخور الجوراسى إلى نطق zones وعندما يحدث الجزر يمكن رؤية حفريات الأمونيتات وهى تلمع تحت الشمس على الشاطئ الطفلى عند وايتباى Whitby بمقاطعة يوركشير، ويعزى اللمعان إلى عملية استبدال مادتها بمعدن البيريت pyrite الذهبى اللون. ويمكن رؤية البلمنيتات belemnites التى تشبه الأقلام مع الأمونيتات.

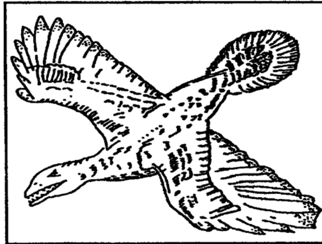
أما من المفصليات arthopods والتى كانت تمثلها فى الماضى الترايلوبيتات، فقد صارت تمثلها الآن الربيانات (الجمبرى) shrimps والسرطانات crabs. أما البر فقد غزته الحلزونيات (القواقع) snails بالإضافة إلى أعداد كبيرة من الحشرات.

أما الزواحف - وبتحديد أكثر الدينوصورات - فقد كانت لها السيادة على كل الحيوانات الفقارية. وقد تزايدت أعداد الأسماك وكان أغلبها أسماكا عظمية بدائية أو قروشا. ولم تكن البرمائيات وفيرة الأعداد كما كان الحال بالنسبة لها فى الدورين البرمى والترياسى -وقد عوض غيابها أعدادا هائلة من الزواحف فى ذلك الزمان.

وكانت الدينوصورات آكلات النباتات ذوات الأربع مثل برونتو زوراس *Brontosaurs* ودبلودوكس *Diplodocus* لها السيادة على البر، ويبلغ طول الواحد منها ٩٠ قدما، ووصل وزن الفرد منها عشرات الأطنان. كذلك سادت آكلات اللحوم من الدينوصورات مثل اللّوصور *Allosaurus* وهو دينوصور ذو قدمين فقط يبلغ طوله ٣٥ قدما. وقد كان الدينوصور المسمى ستيجوصور *Stegosaurus*، من الدينوصورات المدرعة، وكان من زواحف الجوراسى المميزة. وفى الدور الجوراسى ظهر أول الزواحف الطائرة المعروف باسم بتيروصورز *Pterosaurus*؛ وكانت هذه

الزواحف تتميز بعظام خاوية hollow bones وأجسام صغيرة وخفيفة. أما الزاحف الطائر رامفورينكس *Rhamphorhyncus* فقد كان له ذنب طويل وأسنان حادة وجناحان طول امتدادهما يبلغ قدمين؛ وكان يعد من أشكال الجوراسى المميزة.

وكانت الزواحف البحرية مثل الإكثيوصور Ichthysaurs والبليسيوصور Plesiosaurs لا تزال شائعة ومنتشرة فى بحار الجوراسى. وخلال هذا الدور أيضا ظهر أول طائر بدائي وهو أركيوبتيركس *Archaeopteryx*، ويعد ظهور هذا الطائر من الأحداث المهمة التى تميز الجوراسى ·ولقد عرف هذا الطائر من بقاياه التى عثر عليها فى محاجر الحجر الجيرى فى بافاريا Bavaria، وكانت هذه البقايا هى ريشة واحدة وهيكلين وبقايا مهشمة من هيكل طائر ثالث. وكان الأركيوبتيركس لا يزال يحتفظ بصفات الزواحف، مثل الأسنان والمخالب التى بأطراف أجنحته (شكل ١٥٢) وعلى أى حال فإن الريش يجعله بالتأكيد من الطيور.



شكل(١٥٢)
أركيوبتيركس *Archaeopteryx*، طائر من الجوراسى

وهناك حفريات لثدييات مؤكلة وجدت فى صخور الجوراسى؛ فقد وجدت بقايا مهشمة لحيوانات كانت فى حجم الفأر الكبير، وتدل بنية أسنانها، على أن بعضها كان من آكلات الأعشاب، بينما يبدو البعض الآخر أنه كان من آكلات اللحوم.

١٣-الدور الطباشيري The Cretaceous Period

يتميز الدور الطباشيرى الذى دام لفترة ٧٠ مليون سنة تقريبا برواسب سميكة من الحجر الجيرى الطباشيرى الأبيض اللون ·وفى الواقع، فإن كلمة Cretaceous، اشتقت من كلمة *Creta* اللاتينية؛ وهى تعنى طباشير·وقد درست صخور الطباشيرى لأول مرة فى الجروف البيضاء لدوفر Dover بجنوب إنجلترا.

وقد أدت عمليات التحات والتسهيب للحنائر المركبة إلى ظهور تتابع من الصلصالclays والأحجار الرملية الحديدية أسفل الطباشير. وقد توضعت الطبقات السفلية، (طبقات هاستنجس Hastings، وصلصال ويلد Weald Clays) فى ظروف مماثلة لتلك التى كانت سائدة فى نهاية الدور الجوراسى.

ويوجد هناك لا توافق بسيط slight unconformity بين الدورين الجوراسى والطباشيرى وذلك نتيجة لعمليات الإمالة tilting للطبقات ثم عملية تقهقر البحر بعد ذلك.

وقد ساعدت أراضى المستنقعات الدلتاوية deltaic swamplands على ازدهار الحياة النباتية واستمرار وجود الزواحف· وقرب نهاية الطباشيرى السفلى Lower Cretaceous، بدأ البحر فى إثبات وجوده مرة أخرى بترسب أنساق من الصلصال والرمل الأخضر السفلى Lower Greensand. وتوجد مكاشف طبقات الرمل الأخضر السفلى فى الحفر الرملية فى المنطقة المسماة بالويلد، حيث يشاهد على هيئة رمال برتقالية اللون ضاربة إلى اللون البنى. ويعزى وجود هذا اللون إلى وجود هدروكسيد الحديد (الليمونيت) الناتج عن عملية تجوية معدن الجلوكونيت glauconite. ويدل وجود معدن الجلوكونيت فى رواسب الحجر الرملى، على أنها رواسب بحرية.

وفى الوقت نفسه، فى يوركشير Yorkshire، امتد ذراع من البحر الأوربى، ليغزو اليابسة جالبا معه فونة مختلفة تماما عن تلك الموجودة فى طبقات الويلد Weald bedsوالتى لها نفس العمر الجيولوجى ·وهنا نجد أن سافلة الطبقات lowest beds، هى الصلصال الأزرق المعروف باسم صلصال سبيتون الأزرقblue Speaton Clays، والذى يرتكز على صلصال كيميردج Kimeridge Clay (هنا لا

توجد طبقات البورتلاند Portland والبوربيكيان Purbeckian من العصر الجوراسى) ٠وتدريجيا امتد البحر وتقدم فى اتجاه الجنوب وأدى ذلك إلى ترسيب الطباشير الأحمر red chalk.

وفى الوقت الحالى، يعتقد معظم الجيولوچيين أن الطباشيرى العلوى يبدأ بالصلصال الأزرق اللزج المعروف باسم. صلصال جولت الأزرق اللزج sticky blue Gault Clay الغنى بحفريات الأمونيتات ٠وقد ترسب مزيد من الرمال الخضراء والمارل، حينما غزا البحر جنوب إنجلترا، ثم ترسب الطباشير الفريد بعد ذلك، وأخيرا اتصلت المنطقتان إحداهما بالأخرى ٠وقد ثار جدل كثير - ولا يزال - حول ظروف ترسيب الطباشير. ويقدر معدل ترسيب طبقاته بحوالى قدم واحدة كل ٣٠٠٠٠ سنة، ويرتبط هذا المعدل بتكوين الأرداغ oozes فى البحار العميقة، ولكن من المحتمل أن يكون الطباشير قد تكون فى بحار ضحلة (قنافذ البحر echinoids والأمونيتات ammonites والزنابق البحرية crinoids وغيرها من الفونة، وكلها مخلوقات تعيش فى البيئة البحرية الضحلة). ومن المحتمل أيضا، أن الظروف كانت قاحلة وأن الأنهار كانت قليلة جدا، لذلك فإن المواد التى كانت محمولة فى الماء لم تلوث البحار، ومن هنا أمكن للحجر الجيرى الطباشيرى أن يصل إلى هذا السمك. وقد وجد أن الطباشير العلوى Upper Chalk يحتوى على كثير من الصوان الشريطى banded flints وهو مواد سليكية.

ويتميز الدور الطباشيرى بمناخ معتدل، ويبدو أنه كان أقل حرارة إلى حد ما عنه فى الدور الجوراسى. وقد استدل على ذلك من الحفريات؛ فقد أصبحت المراجين أكثر ندرة فى بريطانيا، وتؤيد طبيعة الرسوبيات أيضا هذا الاستنتاج؛ وبالإضافة إلى ذلك، هناك أدلة على حدوث مثالج فى الطباشيرى المبكر فى أستراليا.

وبالنسبة إلى الحياة النباتية فى الطباشيرى المبكر، فقد تكونت السيكاديات cycads والصنوبريات conifers والسرخسيات ferns والتى كانت تشبه نباتات الجوراسى إلى حد كبير ٠وظهرت النباتات الزهرية flowering plants فى منتصف الدور الطباشيرى، وبنهاية الدور الطباشيرى أصبحت الحياة النباتية مشابهة للنباتات التى توجد اليوم.

وكـانت بحـار الطباشـيـرى الدافـئة الضـحلة عـامـرة بأنواع مـتعـددة من اللافقـاريات، كما كان الحـال فى فترات حقب الحـياة المتوسطة السابقـة. وكانت الرخويات هى أكثر الأنواع شـيوعا ٠ وقد أسهمت الفورامـينيفرا (المنخربات) ذات الأصداف الجيرية فى تكوين الطباشـير إلى حد كبير، وتستخدم كـحفريات مرشدة مفيدة فى دراسـة الصخور الطباشيرية. وتسـتخدم حفريات micraster القنفذانية، والبلمنيـتات belemnites والزنابق البـحرية crinoids فى دراسة صـخور العـصر الطباشيرى وتقسيمها إلى نطق zones كذلك تتميز صخور الطباشيرى بأعداد كبيرة من رقائقـيات الخـياشـيم (المحاريات lamellibranchia والبطنقـدميات (الـقواقع) gastropods والرأسقدميات cephalopods (وبخاصة الأمونيتات ammonites التى كانت موجودة بأعداد وافرة وبتنوعات كبيرة).

ولقد كانت الجلد شوكيات echinoderms ممثلة بقنافذ البحر sea - urchins، والقنفذانيـات القلبية heart - urchins، وإلى حد أقل، كانت تمثل الجلد شـوكيات بالأسماك النجمية starfishes والنجوم الهشة brittle stars.

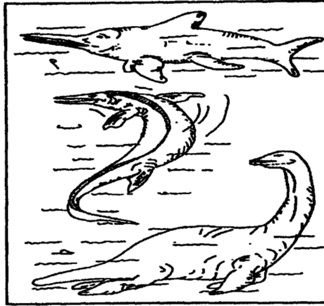
وكـانت الدينوصـورات أكثـر الفـقاريات شـيـوعـا، لكن باقى الزواحـف والأسمـاك والطيـور والثدييات البدائـية كانت وافرة بدرجـة كبيرة أيضـا ٠ وكانت الأسماك متشابهة إلى حد كبير مع الأسماك الحالية، واستدل على ذلك من بقاياها المتـحفرة. وكـانت الطيـور أكثر تميزا وأكثـر انتشـارا مما كانت عليـه فى الأدوار الجـيولوجيـة السابقـة، قد تركت سـجلا حـفريا مـهمـا ٠ أهمه هسـبيـرورنيس *Hesperornis*، وهو طائر كبـير لكنه لا يطير. وكـانت ثدييات الدور الطباشـيرى صغيـرة وتشبـه حيـوان الزّبابـة shrew الحالى (حـيوان من آكلات الحشرات يـشبه الفأر)، أو القنفذ الحالى hedgehog.

واستمرت الزواحف فى السيادة على الـبر وفى البحر والجو، وتطورت منها أشكال أكثر عـجبا من ذى قبل. وكـانت الأرنيثوبودات Ornithopods ممثلة جيـدا بأجنـاس مثـل تراكودون *Trachodon* (يعرف أيضا باسم أناتوصور *Anatosaurs*، وكذلك دينوصورات لهـا مناقير تشبه مناقير البط. وكانت الأنكيلوصورات المدرعة armoured ankylosaurus آكلة العشب التى عاشت خلال زمن الطباشيرى فقط؛ ويعد حـيوان الأنكيلوصـور مثالا لهـذه المجمـوعة. وكانت هناك مـجمـوعة من

الدينوصورات الأكثر تميزا وهى نوع من الدينوصورات المقرنة horned dinasaurs، وأكبر أنواع هذه المجموعة هو ترايسيراتوبس *Triceratops*، وكان من أكلة النباتات ومن ذوات الأربع، وكان ثقيل الوزن جدا، ويبلغ طوله ٣٠ قدما. وكانت جمجمته ذات الثمانى أقدام فى الطول لها درع عظمى ثقيل يحمى العنق من الخلف، وكان الحيوان يتميز بمنقار يشبه منقار الببغاء.

وكان أكبر الدينوصورات آكلة اللحم هو التيرانوصور *Tyrannosaurs*، و كان ارتفاعه يصل إلى ٢٠ قدما وهو واقف، وطوله يتردد بين ٤٠ و٥٠ قدما وكان وزنه يصل إلى أطنان كثيرة. وكانت رجلاه الأماميتان مختصرة فى الحجم جدا ومزودة بمخالب حادة لتصلح للإمساك بالفريسة بقوة. وكانت جمجمته الضخمة مدرعة ولها فكّان قويان وأسنان تشبه الخناجر، وقد يبلغ طول الفك الواحد منها ست بوصات.

واستمرت الزواحف الطائرة فى تطورها، فظهرت أنواع غير عادية جديدة فى الزمن الطباشيرى ·وأحد الأنواع الهامة فى البتيروصورز Pterosaurs التى يجب الإشارة إليه هو بتيراندون *Pterandon*، وكان حيوانا خفيف الوزن، عظامه مفرغة hollow - boned، وكان جسمه نحيلا وطوله لا يزيد على قدمين إلا قليلا، لكن المسافة بين طرفى جناحيه الممدودين كانت تصل إلى أكثر من ٢٥ قدما. وكان ذيله قصيرا. ومؤخرة رأسه تتميز بأن الجمجمة تمتد على هيئة مثلث طويل. واحتوت بحار الطباشيرى أنواعا نادرة من الزواحف البحرية مثل الإكثيوصورات Ichthyosaurs والبلسيوصورات Plesiosaurs التى كانت لا تزال موجودة، والتى لحقت بها الموزاصورات Mosasaurs، وهى نوع من الزواحف السابحة يشبه السحالى العملاقة (شكل ١٥٣) ·هذه الكائنات العملاقة، التى كان يصل طول الفرد منها ٥٠ قدما، كان لها جسم يشبه السحلية lizard تماما وذيل مبطط وأسنان منحنية كبيرة وحادة ·وكانت الأطراف الأربعة متحورة إلى زعانف· كذلك كانت هناك سلاحف البحر العملاقة Giant sea turtles وهى من المجموعات المهمة، وبعض منها مثل أركيلون *Archelon* بلغ طوله ١١ قدما، واثنتا عشرة قدما من طرف زعنفة إلى طرف الأخرى.



شكل (١٥٣)

زواحف سابحة من حقب الحياة المتوسطة

أ- إكثيصور *Ichthyosaur*.

ب- موسوصور *Mososaur*.

ج- بليسيوصور *Plesiosaur*.

لكن ما الذى حدث للدينوصورات؟ و لماذا انقرضت فجأة (بالمعنى الچيولوچى)؟ هذا السؤال ظل يحير علماء الچيولوچيا والبيولوچيا حقبة طويلة؛ إنها لم تنقرض بسبب عدم نجاحها، فقد عاشت لأكثر من ١٠٠ مليون سنة، وبلغت أشكالا وأحجاما ضخمة وأنواعا كثيرة وغزت بيئات مختلفة وعاشت وصمدت فيها. وهنا نسوق بعض الأفكار التى قدمت فى هذا الخصوص:

أ- المناخ والتغيرات الجغرافية التى حدثت فى الدور الطباشيرى كانت قاسية فلم تستطع الدينوصورات أن تتأقلم معها.

ب- كانت المجموعة فى عمر مرحلة الشيخوخة للسلالة، وكان زمانها قد ولّى.

ج- انتشار وباء أو كارثة أبادتها (وهناك أدلة علمية قليلة تؤيد ذلك).

د- كانت الثـدييات تتزايد أعدادها بـدرجة كبيـرة، وربما تـكون قد درجت على أكل بيض الدينوصورات.

هـ- قد يكون التغيير الذى طرأ على فلورة الطباشيرى جعل الدينوصورات لا تتقبل هذه النبـاتات؛ وباختفاء الدينوصورات آكـلة النباتات، انقرضت الدينوصورات آكلة اللحوم التى كانت تفترس الدينوصورات آكلة الأعشاب وتعيش عليها.

ويعتقد علماء كثيرون أن الدينوصورات انقرضت ليس بسبب عامل واحد من العوامل التى سبق ذكرها، لكن بسبب عـوامل عديدة منها ·ومع كل الاحتمالات القائمة، وحتى الآن فلا يوجد جواب حقيقى شاف لهذا السؤال المحير.

وربما يكون قد حدثت انجـرافـات قارية كثيرة فى نهاية الدور الطـباشيرى، أدت إلى انفصـال شمال أميركـا عن أوربا وانفصال أميـركا الجنوبية عن أفـريقيا· وأصبحت القـارة القطبيـة الجنوبيـة Antarctica وأستراليا وآسيا وحدات منفصلة. وغُمِرَت البحيرات الضخمـة والمستنقعـات المكونـة للفحم coal-forming swamps فى العصر الجوراسى ببحر شطر أستـراليا إلى قسمين. وتدهورت الظروف المناخية وبدأ العصر الجليدى فى تأثيره. وبالطبع فإن الانفصالات البرية (انفصال كتلـة برية عن أخرى) أثر على الفونة الموجودة، فأخذت النسانيس monkeys التـى تطورت، خطوطا مـختلفة فى العـالم القـديم والحـديث ·وظلت بقـايا قليلة من زواحف الدينوصورات حتى يومنـا هذا فى بعض الجزر. أما بعض الثدييات وحـيدة الثقب monotremes (مرتبـة دنيا من الثـدييات لها مـخرج واحـد لأعضائهـا التناسليـة والبوليـة والهضـمية) وبعض أنواع الجـرابيات (مثـل الكنجارو) marsupials فقد صمـدت محليا . كـذلك كان الحال مع بعض الـطيور الأرضيـة (التى لا تطير) flighless birds مثـل الإيمو emu (طائر أسترالى كالنعـامة، لكن حجمه أقل). وكانت الضفادع البرمائيـة فى أستراليا وأميركا الجنوبية متفـرّدة. أما ثعابين أستراليا فـتخـتلف عن باقى الثعـابين فى مناطق العـالم الأخرى وهى لا توجـد بالمرة فى نيوزيلندا. لكن هذه هى كل التطورات التى حدثت فى حقب الحياة الحديثة، وهذا هو الحقب الذى يجب أن ندرسه الآن.

١٤- حقب الحياة الحديثة (الكاينوزوى) The Cainozoic Era

استمر حقب الحياة الحديثة (الكاينوزوى)؛ والذى ينطق غالبا السينوزوى Cenozoic، حوالى ٦٣ مليون سنة. وهو عمر قصير نسبيا إذا ما قورن بالأحقاب التى سبقته. وتعنى كلمة «كاينوزوى» الحياة الحديثة recent life، وسمى الحقب كذلك بسبب الكم الهائل والمتنوع من النباتات والحيوانات التى تطورت خلاله.

١٥- الدور الثالث The Tertiary Period

دام الدور الثالث لمدة ٦٢ مليون سنة تقريبا، واشتق اسم الدور الثالث من تقسيم قديم للصخور، غير مستخدم حاليا. ويقسم الدور الثالث إلى خمسة عصور محددة جيدا، موضحة فيما يلى من الأقدم (فى أسفل العمود) إلى الأحدث وموضح أمام كل منها معناه الحرفى:

البليوسين	Pliocene	الأحدث على الإطلاق	more recent
الميوسين	Miocene	الأقل حداثة	less recent
الأوليجوسين	Oligocene	الحديث بقلة	little recent
الإيوسين	Eocene	فجر الحديث	dawn recent
الباليوسين	Paleocene	الحديث العتيق	ancient recent

ولم يثبت وجود عصر الباليوسين Paleocene بوضوح فى بريطانيا. وتمثل صخور الإيوسين أقدم صخور الدور الثالث حيث تنكشف فى حوضين كبيرين فى جنوب إنجلترا وهما حوض لندن London Basin وحوض هامبشاير Basin Hampshire، وبالرغم من التشابه الكبير بين الحوضين، ألا أنه توجد فروق بين الطبقات التى لها العمر نفسه فى كل منهما. وتنتشر طبقات الصلصال والأحجار الرملية وتوجد بها طبقات من اللجنيت lignite. وتنكشف طبقات الإيوسين بطريقة نموذجية فى جروف «خليج الجرف الأبيض White Cliff Bay» فى جزيرة ويت Isle of Wigt. ومن الواضح أنه سادت دورة cycle من الظروف القارية والمستويات البحرية المتبادلة. ومع انقراض الزواحف العملاقة،

اختفت أيضـا الأمونيتات ammonites والبلمينيتات belemnites وحدثت تغيرات هائلة؛ فمثـلا التطور الذى حدث على الحشائش شجع على وجـود الثدييات ذات الحوافر hoofed mammals ونظرا لوجود التشابه الواضح بين الكائنات الحية للدور الثالث Tertiary والدور الرابع Quaternary فسـوف نناقش أشكال الحيـاة لهذين الدورين معا فى نهاية هذا الفصل.

فى الوقت نفسـه تعرضت اسكتلندا إلى نشـاط بركانى واسع الانتشار، كوّن حزاما بركانيا امتـد عبر أيرلندا حتى وصل إلى أيسلندا. ويمكن رؤية هذه الطفوح البـركـانيـة فى چيـانتس كـوزواى Giant's Causeway ومـغـارة فنجـال Cave Fingal's. كذلك فهناك أدلة كثيرة تدل على النشاط النارى تتمثل فى حشود الجدد القاطعة والجدد الكتلية المتوازية التى تمتد فى اتجاه شرق - غرب.

• الأوليجوسين Oligocene

يوجد فى بريطانيا فى حوض هامبشاير فقط Hampshire Basin مع صلصال وأحجار جيرية تحتـوى على مراجين تشتمل على Madepora وهـو مـن المـراجيـن السداسيـة Hexacoral (Scleractina). وكثير من هذه الطبـقات ليست بحرية، إذ إنها ترسبت فى بيئة مائية مسوس brackish ومياه عذبة كذلك.

ويشيع وجود مـحاريات المياه العذبـة (بـلح البحر) mussels، وكذلك بقايا الطيور والثدييات والزواحف.

ولا توجـد صخـور للمـيوسين Miocene فى بريطانيا، وتقـابل هذه الفترة الحـركة الأوروجـينيـة الألبيـة Alpine Orogeny التى كـوّنت جبـال الألب Alps والهيمالايا Himalayas وجبال البيرنيس Pyrenees وبعض الجبال فى أميركا .

وكانت بـريطانيا على حـواف المنطقـة الـتى تأثـرت بهـذه الحركـة، ونتيـجة ذلك كان الطى اللطيـف الممتد فى الاتجاه شـرق- غرب (تموجات فـحسب mere ripples) مثل قبة ويلد Weald Dome والصدوع التى ترتبط بها.

• البليوسين Pliocene

بالرغم من الصخور البلاطية التى كونها البليوسين فى شرق انجليا East Anglia، فقد كانت هذه الفترة أكثر أهمية كفترة تحات. وقد كان التسهيب peneplanation هو «النظام اليومى Order of the day». وكانت تحدث دورة التسهيب بواسطة عمليات التحات التى تعترضها الأنهار القاطعة للوديان مكونة أشكالا برية تلالية. ويمكن مشاهدة آثار عملية التحات اللاحقة عند مستويات مختلفة.

١٦-الدورالرابع The Quaternary Period

ترجع تسمية الدور الرابع بهذا الاسم إلى تقسيم قديم للصخور، وهو تقسيم غير مستخدم الآن، كما هو الحال فى تسمية الدور الثالث ·وقد استمر الدور الرابع لفترة قصيرة نسبيا (حوالى مليون سنة) ·وينقسم الدور الرابع إلى عصر البليستوسين Pleistocene والعصر الحديث Recent. ويعرف عصر البليستوسين بأنه عصر الجليد العظيم Great Ice Age، ويتميز بأربع فترات ثلجية عظمى، تتخللها ثلاث فترات دافئة حدث خلالها انصهار للجليد. وقد تسبب الشرشف الجليدى العظيم Great Ice Sheet فى شمال أوربا وسيبيريا وأمريكا الشمالية فى برودة المناخ، الأمر الذى ساعد على انقراض الكثير من النباتات والحيوانات التى كانت تعيش فى الدور الثالث.

وانتشرت هذه المثالج العظمى حتى وصلت جنوبا إلى خط يصل نهر التيمز Thames بمصبات السيفرن Severn estuaries.

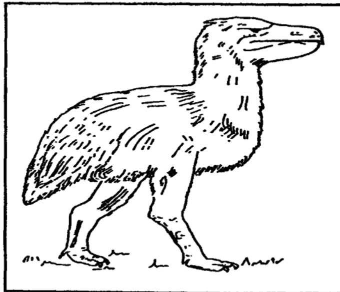
وكانت لهذه الكتل الجليدية الكبرى تأثيرات ملحوظة فى الأرض، وكانت هى المسئولة عن تذبذب مستوى البحر، وهبوط الأرض، وكذلك التغير الملموس فى نظم صرف الأنهار· وتسببت المثالج فى إزالة أطنان لا حصر لها من التربة، وأدت إلى تغير فى سطح الأساس الصخرى. وبالإضافة إلى ذلك، فإن التثلج الذى حدث فى عصر البليستوسين كان هو السبب فى تكوّن أعداد هائلة من البحيرات والبحيرات الجبلية الصغيرة. ومن الجدير بالذكر أن الحد الفاصل بين البليوسين والبليستوسين ليس محددا indefinite. لكن فونة الصخور البلاطية

ذات بيئة المياة العذبة والتى كانت لا تزال تترسب، تغيرت من أنماط البحار الدافئة إلى تلك المرتبطة بالمناخ القطبى عندما سادت الظروف الأكثر برودة (وقد سبقت الإشارة إلى شواهد أثر الثالج فى الفصل الثامن). ومما يجب ذكره أن الكثير من ملامح سطح الأرض فى شمال إنجلترا وويلز واسكتلندا قد تحدد خلال هذه الفترة الزمنية.

وبالرغم من أن الحد الفاصل boundary بين البليستوسين والعصر الحديث ليس مؤكدا بالضبط، لكنه يعتبر عادة على أنه الفترة الزمنية التى تراجع عندها آخر شرشف جليدى عن أوربا وأمريكا الشمالية، وكان ذلك منذ ١٢ ألف- ١٥ ألف سنة مضت. وكانت الحياة فى حقب الحياة الحديثة تتميز منذ فجر بدايتها بنباتات وحيوانات تشبه كثيرا فى نواحي متعددة مثيلاتها الحالية. وزادت أهمية الثدييات إلى درجة كبيرة، حتى إنها كانت فى طريقها كى تحكم الأرض. وكانت النباتات حديثة فى مظهرها. وساعدت الغابات الخشبية والسهول العشبية على تشكيل ظروف بيئية مناسبة لانتشار الثدييات.

وبالنسبة إلى الفونة اللافقارية، فبالرغم من أنها كانت متشابهة مع أسلافها فى الطباشيرى، ألا أنها كانت تبدو أحدث فى سماتها. وكانت الفورامينيفرا (المنخريات) موجودة بأعداد هائلة، وهى تستخدم حفريات مرشدة مفيدة لدراسة الدور الثالث؛ وبخاصة عند الجيولوجيين العاملين فى مجال البترول. كذلك كانت المراجين corals والبريوزوا (الجماعيات) bryozoans والجلد شوكيات echinoderms (وبخاصة قنافذ البحر echinoids)، والمفصليات arthopods، شائعة (أصبحت المراجين أكثر ندرة، لكنها لا تزال موجودة فى مياه بريطانيا حتى اليوم). ولكن قلت أعداد المسرجانيات brachiopods التى كانت شائعة ومنتشرة فى حقب الحياة القديمة المبكر، ثم نقصت أعدادها وأنواعها بالتدريج. وظلت الرخويات molluscs هى أكثر اللافقاريات البحرية انتشارا. وبالنسبة إلى الأمونيدات ammonoids التى كانت شائعة فى حقب الحياة المتوسطة، فقد حل مكانها أعداد متنوعة وغير مسبوقة من رقائقيات الخياشيم (المحاريات) والبطنقدميات (القوقعيات). وكثير من هذه الأشكال كانت تشبه كثيرا الأويستر oysters والقواقع snails التى نشاهدها اليوم.

أما الحيوانات الفقارية فى الدور الثالث فهى معروفة جيدا، فهناك بقايا متحفرة للأسماك والبرمائيات والزواحف والطيور وعلى وجه الخصوص الثدييات. وكانت الأسماك مزدهرة، وكانت تشتمل على كثير من الأسماك العظمية وأعداد هائلة من أسماك القرش؛ التى كان يصل طول الواحد منها ما بين ٦٠ و ٨٠ قدما، وكانت لها أسنان يصل طول الواحد منها إلى ست بوصات. وكانت البرمائيات ممثلة بالسلمندر salamanders، وضفدع الطين toad والضفدع العادىfrog. وتدهورت حشود الزواحف التى كانت زاهرة فى حقب الحياة المتوسطة فاقتصرت على الثعابين والسحالى والتماسيح والسلاحف، التى كانت موجودة بنفس الأعداد التى توجد بها أخلافها الآن. وكانت معظم الطيور فى الدور الثالث متشابهة مع الطيور الحالية، ولكن ولسوء الحظ، ونظرا لأن أجسامها هشة، فإنها لا توجد غالبا على هيئة حفريات. ومن الأشياء المهمة فى هذا الخصوص ما يسمى بالطيور العملاقة giant birds التى كانت توجد فى عصور الدور الثالث، وبعض من هذه الكائنات الضخمة الشبيهة بالبجع، والتى كانت لا تطير، بلغ ارتفاع الواحدة منها عشرة أقدام ٠ وكانت تضع بيضة يصل طول الواحدة منها قدما واحدا، ومن هذه الأنواع دينورنيس *Dinornis* ودياتريما *Diatryma* (شكل ١٥٤)٠ وقد ذكرنا سابقا انفصال أجزاء مختلفة من العالم،

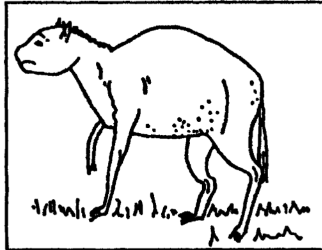


شكل (١٥٤)

دياتريما *Diatryma* طائرمن الإيوسين(لا يطير)

طوله حوالى سبعة أقدام

تشمل أستراليا، وما نتج عن ذلك من توزيع الزواحف والثدييات وحيدة المسلك والجرابيات والطيور التى لا تطير . وكانت الظروف المناخية فى أستراليا تختلف تماما عن المناطق الأخرى فى نصف الكرة الشمالى. إذ أتى العصر الجليدى تدريجيا فى الدور الطباشيرى، وحدثت آخر موجة جليدية فى بداية عصر البليستوسين عندما بدأت أوربا تقاسى من الغزو الجليدى. وبعد ذلك أصبح المنظر قاحلا نظرا لما صاحب ذلك من عمليات التحات الريحى، فجفت البحيرات المالحة وزادت شدة القحولة (يستثنى من ذلك قمم نيوزيلندا الجليدية والغابات الضبابية فى غينيا الجديدة). وأصبحت الأرض مكتظة بالكثبان الرملية والعشب الغليظ والأشجار القصيرة، وذلك فيما عدا أراضى الغابات حول بيرث **Perth** وما بها من أشجار الكافور **eucalyptus**. وكان أعظم تطور فى الدور الثالث هو ما حدث للثدييات؛ فكانت ثدييات عصر الباليوسين صغيرة وبدائية وتختلف كثيرا عن الثدييات الحالية. وكانت أشكال الثدييات فى عصر الإيوسين أكبر حجما، وضمت أول ما ظهر من القوارض **rodents** والجمال **Camels** والكركدن **rhinoceroses** وكذلك **hyracotherium**، وهو ما يسمى بالحصان الأول **"dawn horse"** (انظر شكل ١٥٥) الذى ظهر لأول مرة خلال عصر الإيوسين. كذلك ظهرت لأول مرة فى هذا العصر الكريودونتات **creodonts** وهى أسلاف آكلات اللحوم . وفى خلال عصر الأوليجوسين، اتخذت الثدييات مظهرا أكثر تطورا، واشتملت النماذج



شكل (١٥٥)

حصان من الإيوسين فى حجم الثعلب

Hyracotherium (Eohippus)

المتطورة على الكلاب والقطط والجمال والأحصنة والكركدن والخنازير والأرانب والسنجاب، وكذلك الأفيال الصغيرة فى أفريقيا.

كذلك عاشت خلال عصرى الإيوسين والأوليجوسين ثدييات غريبة تختلف تماما عن الثدييات الحالية. وكانت تشتمل على الدينوسيراتا *Dinocerata* أو ونتاثيراس **Uintatheras** وهو وحش ضخم يشبه الكركدن وكان يصل ارتفاعه وهو جالس سبعة أقدام عند كتفه. كذلك ظهرت التيتانوثيرات **Titanotheres** (مجموعة من ثدييات حقب الحياة الحديثة المبكر) وقد ظهرت أولا فى عصر الإيوسين، وكانت فى حجم الخراف، لكنها بلغت أحجاما عملاقة بحلول منتصف عصر الأوليجوسين.

وفى خلال عصر الميوسين، تنوعت الثدييات كثيرا وازدهرت، حتى إنه أطلق على عصر الميوسين «العصر الذهبى للثدييات». ويرجع هذا التطور السريع للثدييات فى معظمه إلى انتشار الحشائش التى فرشت سهول الميوسين والبرارى.

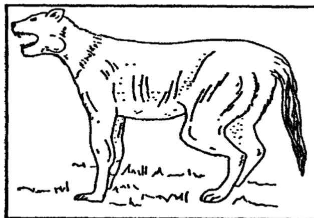
وكان من أهم الثدييات المشهورة فى تلك الفترة والتى عاشت فى أنحاء كثيرة من العالم هى الأحصنة، والجمال، والغزلان، والخنازير، والكركدن. كذلك كان عصر البليستوسين له نصيب من الثدييات الغريبة التى انقرضت فى العصر الحديث. ومن هذه الثدييات التى يجب ذكرها، الكركدن العملاق عديم القرون والمسمى بالوخيثيريوم *Baluchitherium*. وكان هذا الوحش هو أكبر وأضخم أنواع الثدييات فى تلك الفترة؛ فقد بلغ طوله ٣٠ قدما وطوله وهو جالس حتى كتفيه ١٨ قدما. وقد ظهر هذا الحيوان لأول مرة فى عصر الأوليجوسين ثم انقرض خلال عصر الميوسين.

ويبدو أن هذه الحيوانات الضخمة كانت موجودة فى آسيا فقط، حيث إنه لم يعثر على بقايا لها فى أى مكان آخر.

ويعد الخنزير العملاق **giant pig** من الثدييات المهمة التى تميز عصرى الأوليجوسين والميوسين، وكانت تسمى الأنتيلودونتات **entelodont** وقد بلغ طول هذا الحيوان ستة أقدام حتى كتفيه.

وقد تطورت ثدييات البليوسين أكثر من ثدييات عصور الدور الثالث، ففي خلال أزمنة البليوسين والبليستوسين شاع انتشار الحيوان الأرضي الضخم المسمى الكسلان giant ground sloth، ومنه جنس ميلودون *Mylodon* وقد بلغ طول الفرد منه ١٥ قدما وكان يزن آلاف الأرطال. كذلك ظهرت فى أميركا الثدييات ذات الأسنان المزخرفة glyptodontsوهى أقرباء بعيدة للثدييات المدرعة armadillosوخلال عصر البليستوسين، حدث تطور ملموس للثدييات الخرطومية proboscideans (الأفيال وعشائرها).

وكان الماستودون mastodon والماموث mammoth ذو الفرو كلاهما شائعا بكثرة فى أميركا الشمالية وسيبريا، حيث حفظت جثثهما فى الجليد. وقد ثبت أن هذين الثديين عاشا فى الجزر البريطانية. وقد استدل على وجود الكركدن ذى الصوف wolly rhinoceros من بقاياه التى عثر عليها فى أميركا ومن رواسب الزفت (القار) pitch فى بولندا Poland. وكانت آكلات اللحوم ممثلة بالسميلودون *Smilodon*، والنمر ذى الأسنان السيفية sabre - toothed وكذلك نوع *Canis dirus* أو الذئب الرهيب Dire Wolf (شكل ١٥٦) وكان حيوان سميلودون *Smilodon* فى حجم الأسد وله فكوك قوية وكانت له أسنان متطورة للغاية، والفك العلوى كانت أنيابه تشبه الخناجر.



شكل (١٥٦)
الذئب الرهيب *Canis dirus*

وربما يكون أهم حدث فى البليستوسين هو ظهور أول إنسان، وسوف يكون الفصل القادم مخصصا لتطور الإنسان البدائى والتاريخ الجيولوجى للإنسان.

الفصل التاسع عشر

التاريخ الچيولوچى للإنسان

THE GEOLOGIC HISTORY OF MAN

ظهر الإنسان كوافد جديد على مسرح الأحداث الچيولوچية منذ ٦٠٠ ألف عام تقريبا خلال عصر البليستوسين Pleistoceneأو العصر الجليدى العظيم Great Ice Age.

ينتمى الإنسان إلى رتبة الرئيسيات Primates، وهى رتبة من الثدييات تتميز بمخ متطور جدا وبأطراف طويلة وأظافر كأسية أو مفلطحة على أصابع مرنة. وتضم هذه الرتبة المتطورة أعضاء آخرين منها الليمورات lemurs، والتارسيرات tarsiers (نوع من القردة الصغيرة تسكن الاشجار)، والنسانيس monkeys، والقردة apes. وينتمى الإنسان والنسانيس والقردة إلى تحت رتبة suborder أنثروبويديا Anthropoidea. وتتميز هذه المجموعة بأمخاخ كبيرة وكذلك أعين كبيرة فى مقدمة الوجه.

والسجل الحفرى الذى نعرفه عن الرئيسيات Primates ليس كاملا - لسوء الحظ - كما يجب أن يكون وكما يريده الباليتنولوجى، وبالرغم من ذلك، فمع النمو المتزايد لأبحاث الباليتنولوجيا والأنثروبولوجيا، بدأ التاريخ الچيولوچى للإنسان يتضح شيئا فشيئا.

١- الرئيسيات الأولى The First Primates

عثر على بقايا ما اشتهر بأنه أقدم ممثل للرئيسيات فى صخور عصر الباليوسين بالولايات المتحدة الأميركية. وتمثل العظام التى وجدت حيوانا صغيرا،

يشبـه الليمور الـذى يعيش فى العصـر الحاضر. وهناك ليـمور بدائى آخـر يسمى نورثاركتوس *Northarctus* عاش فى أمـيركا الشمـالية خلال الدور الثـالث، وقد وجـدت بقـاياه فى بعض تكاوين عـصـر الإيوسين فـى غرب الولايات المتحـدة الأميركية. وكان لهذا الحيوان ذيل طويل ووجـه صغير، وكان يعيش فوق الأشجار ويشبه الليمور الحالى ·وعلى أى حال، فـإن ليمورات العصر الحاضر لا تعيش فى أميركا الشـمالية، ولكنها توجد فى مدغـشقر، وتوجد قلة منها تعيـش فى أفريقيا وفى أندونيسيا ·أما التارسير tarsier فهـو مخلـوق رقيق له أعين واسعة، وجسمه فى حجم الفأر الكبير، وظهـر أيضا خلال عصر الإيوسين Eocene. وتعيش هذه الحيوانات فى أدغال إندونيسيا والفلبين، لكن سجلها الحفرى يدل على أنها عاشت فى أميركا الشمالية وأوربا خـلال زمن الإيوسين. وبالنسبة إلى القردة والنسانيس، فقـد كان أول ظهورها فى زمن الأوليجـوسين المبكر . ولقـد جمـعـت بقايا أول نسناس «بارابيثكس *Parapithecus*» من مصـر، وكذلك أقـدم قرد مـعروف وهو «بروبليوبثكس *Propliopithecus*». وعثر أيضا على بقـايا قرد آخر مهـم فى زمن الميوسـين فى أفريقـيا، وهذا القـرد يسمى بروكـونسول *Proconsul*، وله صفات تشريحـية مـعينة، توحى بأنه من أسـلاف الشمـبانزى Chimpanzee والغوريللا Gorilla والإنسـان Man.

٢- القردة الشبيهة بالإنسان The Manlike Apes

عثـر علـى بقـايـا مجمـوعة من القردة التى تشـبه الإنسان والمعـروفة باسم أوسترا لوبيـثيكينات Australopithecines أو القرود الجنوبيـة» فـى رواسب كهوف البليـستـوسين فى جنوب أفـريقيـا. وكان أول قـرد من هذه المجمـوعة ويسـمى *Australopithecus africanus*، قد اكـتشف فى عام ١٩٢٥ وكـانت بقاياه تتكون من جمجمة غـير كاملة مثل جمجمة طفل عـمره خمس سنوات. وخصائص هذه البقايا والكسر الهيكليـة التى اكتشفت فيما بعد تشير بأن هناك عـلاقة بنيوية وثيقة بين هذا القرد والإنسان الأول ·وعلـى كل حال فإن العلماء لا يتفـقون تماما على الوضع التطورى لهذه المخلوقات البدائية. فبعض العلماء يعتقد أنهم كانوا أول بشر عرف فـى التاريخ. بينمـا يعتـقد البـعض الآخر أن هذه المخلوقـات كانت نهـاية مجموعة من القردة التى تشبه الإنسان. وبالتالى فهى ليست أسلافا للإنسان. وفيما

عدا قدرته العقلية الضئيلة، فقد كان هذا المخلوق؛ أسترالوبثيكاس* مخلوقا متطورا نسبيا، فقد كانت له قامة منتصبة، ويمشى على قدمين، وكان يبلغ خمسة أقدام فى الطول؛ وكان يتميز برأس تشبه رأس القرد وبفكين قويين، وكانت أسنانه تشبه أسنان الإنسان.

٣- من إنسان ما قبل التاريخ إلى الإنسان الحديث

From Prehistoric to Modern Man

وجدت بقايا أول إنسان (أو ما يشبه الإنسان)، فى صخور من عصر البليستوسين المبكر فى أفريقيا. ولحق بهذا الإنسان المبكر تتابع من أشكال الإنسان فى البليستوسين المتوسط والمتأخر ولقد استدل على هذه الأشكال البشرية البدائية من بقايا هياكلها ومن الأدوات التى كانوا يستعملونها (مثل الأدوات البسيطة والأسلحة التى ترجع إلى ما قبل التاريخ، ولقد سميت بقايا الإنسان القديم بأسماء تنسب إلى الأماكن الجغرافية التى عثر على هذه البقايا فيها لأول مرة. وعلى هذا فإنسان بكين Peking Man (*Sinanthropus pekinensis*) يعنى رجل صينى عاش فى عصور ما قبل التاريخ بالقرب من بكين Peking فى الصين.

• إنسان شرق أفريقيا East Africa Man

وجدت بقايا أول كائن يعتقد أنه كان أول إنسان معروف فى صخور البليستوسين المبكر فى خانق أولدواى Oldoway Gorge فى تنزانيا بشرق أفريقيا. وهذه البقايا تتكون من فك سفلى وعظمتين لجمجمة، وعظام قدم وعظمة ترقوة وبعض عظام اليد. ويعتقد أن هذه البقايا كانت لطفل عمره بين أحد عشر عاما وإثنى عشر عاما. ووجدت مع هذه البقايا، عظام لشخص آخر يرجح أنها بقايا هيكل عظمى لشخص أكبر سنا.

وهذه العظام التى يقدر عمرها بأكثر من ٦٠٠ ألف سنة، هى أقدم عمرا من (زنجانثروبس بويسى *Zinjanthropus boisei* (المسمى بإنسان شرق أفريقيا) والتى اكتشفت بقاياه فى خانق أولدوفاى Olduvai Gorge عام ١٩٥٩. والجمجمة التى وجدت هى فى الأصل جمجمة لشاب فى الثامنة عشرة من عمره. ولقد

اكتشف كل هذه البقايا مجموعة حقلية برئاسة الدكتور لويس س.ب ليكى Louis S.B. Leakey والذى كان يعمل مديرا لمتحف كينيا القومى بمدينة نيروبى. ومع هذه الهياكل القديمة، وجد دكتور ليكى ومجموعته العلمية أشكالا مختلفة من الأدوات البدائية المصنوعة من الحصى pebbles وبقايا حيوانات بليستوسينية منقرضة.

أما ريتشارد Richard نجل الدكتور ليكى، فقد حول اهتمامه من أولدفاى Olduvai إلى بحيرة رودلف التى تقع فى المنطقة الصحراوية الشمالية من كينيا، حيث قام بوصف ١٠٠٠ ميل مربع من رواسب البحيرة، كمتحف طبيعى للحفريات. ولقد تم اكتشاف كسرات هيكلية لنحو مئة فرد من ضمنها جمجمة تتنازع عليها آراء العلماء وهى محفوظة فى المتحف القومى بكينيا فى شرق رودلف ورقمها بالمتحف «KNM - ER 1470» وكانت هذه الجمجمة قد اكتشفت فى شهر يوليو عام ١٩٧٢ .

هذا، وقد توالت الاكتشافات بعد ذلك فعثروا على بقايا اثنى عشر فردا من الجنس البشرى *Homo*، فى الطبقات نفسها التى بها «أوسترالوبثيكس»، مما يدل على أن الجنس البشرى لم ينحدر من سلسلة أوسترالوبثيكس، كما كان يعتقد ذلك الدكتور ليكى، والد ريتشارد. ولقد أدت هذه الاكتشافات إلى خلافات علمية، كما أنها حثت العلماء على إعادة النظر فى كثير من النظريات القائمة. وربما تؤدى الاكتشافات التى تأتى فيما بعد إلى العثور على أدلة مقنعة.

• إنسان جاوة القردى Java Ape Man

جمعت بقايا هذا المخلوق البدائى الشبيه بالإنسان فى عام ١٨٩١ بالقرب من قرية ترنيل فى جاوة. وإنسان جاوة هو الإنسان القردى المنتصب القامة الذى يطلق عليه رسميا اسم بيثيكا نثروبوس إركتس *Pithecanthropus erectus*. ومن المرجح أن إنسان جاوة عاش منذ ٤٠٠ ألف سنة إلى ٥٠٠ ألف سنة. ولقد وجدت عظامه مع بقايا أفيال منقرضة من عصر البليستوسين وكذلك خراتيت وتابيرات tapirs منقرضة من عصر البليستوسين أيضا. وعند إعادة تركيب بقايا بثيكانثوروبس *pithecanthropus* تبين أن طوله كان ٥,٥ قدم، وكانت له جمجمة

عريضة تشبه جمجمة القرد، وتتميز بجبهة منحدرة وأنف أفطس وفك بلا ذقن؛ لكن أسنانه مقاربة لأسنان البشر، وقدرته العقلية تتفوق على متوسط القدرة العقلية للقرد البالغ (انظر شكل ١٥٧أ).

• إنسان بكين Peking Man

يطلق على هذا الإنسان اسم سيناثروباس بكينيتز *Sinanthropus Pekinensis*، وقد استدل عليه من بقايا حفرية لنحو أربعين فردا منه كانوا يعيشون فى وقت ما فى منطقة بكين بالصين، وفيما عدا قدرته العقلية الكبيرة فإن إنسان بكين يشبه فى كثير من صفاته الجسمانية إنسان جاوة . ويرى بعض العلماء أن إنسان بكين يجب أن يعد من نفس الجنس الذى ينتمى إليه إنسان جاوة . ولذلك فيجب أن يسمى بيثكانثروبس بكينيتز *Pithecamthropus pekinensis* بدلا من *sinanthropus pekinensis* . وعلى أى حال فإن بعض علماء الأجناس (الأنثروبولوچيا)، يعتقدون أن إنسان بكين أكثر تطورا من إنسان جاوة . حيث إنه كان يستخدم أدوات بدائية مصنوعة من الحجر، وكان يجيد استخدام النار والسيطرة عليها . وهناك اتجاه قائم عند بعض علماء علم الحيوان، وهو أن يضعوا كل البقايا الحفرية للإنسان فى جنس واحد يسمى هومو *Homo*، (انظر فيما بعد). وعلى هذا الأساس فيجب أن يسمى إنسان جاوه باسم هوموإركتس *Homo erectus*، وإنسان بكين اسم *Homo erectus pekinensis* (تحت نوع من إنسان جاوة).

• إنسان هايدلبرج Heidelberg Man

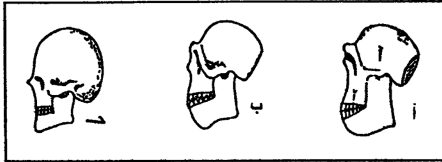
تتكون أقدم حفرية أوربية لإنسان وتسمى» هوموهايدلبرجنسز *Homo heidelbergensis* من زوج من الفكوك السفلية وستة عشر سنا محفوظة حفظا جيدا، ويسمى هذا المخلوق إنسان هايدلبرج Heidelberg Man، وقد عثر على بقايا هذا الإنسان بالقرب من هايدلبرج فى جنوب ألمانيا، ومن المحتمل أن يكون هذا الإنسان قد عاش منذ ٤٥٠ ألف سنة تقريبا؛ وربما يكون هو الحلقة الوسطى بين الإنسان والقرود. ويرى بعض العلماء أن إنسان هايدلبرج، ربما يكون هو السلف الأقرب لإنسان نياندرثال Neanderthal Man (انظر فيما بعد).

من المحتمل أن يكون أشهر إنسان حفرى هو إنسان نياندرثال الذى كان منتشرا انتشارا واسعا فى أوربا وآسيا خلال البليستوسين المتأخر ٠ وقد عثر على أول بقايا لإنسان النياندرثال عام ١٨٥٦ فى منطقة نياندرثال (Neandertal)، وهو واد فى الشمال الغربى لألمانيا، لكن هذه البقايا لم يعترف بها كنوع بشرى محدد إلا فى عام ١٨٦٤ . ولقد ساعدت الأعداد الكبيرة للبقايا النياندرثالية على تزويد علماء الحفريات بصورة واضحة عن الخصائص الجسمانية لهذه المجموعة المبكرة. فكان الفرد الممثل لهذا النوع يبلغ طوله خمسة أقدام، وكان ذا كتفين منحنيتين، وركبتاه كانتا تميلان إلى الانحناء، مما يضفى على جسمه مظهرا مرتخيا. وكان رأسه كبيرا (مما يوحى بأن قدرته العقلية تقارب الطاقة العقلية للإنسان الحالى). وكان يتميز بأنف أفطس وذقن متراجعة وجبهة ضيقة وحيود حاجبية ثقيلة (شكل ١٥٧ ب).

ويبدو أن إنسان نياندرثال كان من سكان الكهوف، ومن ثم تسميته إنسان الكهف cave-man. وكان يصنع أدوات جيدة من الحجارة، كما أنه كان يجيد استخدام النار، وهناك ما يدل على أنه كان يدفن موتاه.

وبالرغم من أن إنسان بلتدون Piltdown Man، لم يعد له وضع علمى، إلا أنه تجب الإشارة إليه فى أية دراسة لحياة الإنسان فيما قبل التاريخ. فهذا الرجل الحفرى كان محورا لأعظم خديعة علمية وردت فى التاريخ؛ فبقاياه التى سميت علميا باسم إيونثروبس دوسونى *Eoanthropus dawsoni* جمعت من رواسب جرولية من البليستوسين بالقرب من بلتدون فى ساسكس Sussex بإنجلترا. وكانت الجمجمة بشرية بالتأكيد، لكن الفك السفلى والأسنان كانت تشبه تلك التى للقرود. وهذا الاختلاف الكبير بين الفك والجمجمة أثار شكوك العلماء، وكذلك الظروف التى وجدت فيها الجمجمة عند اكتشافها ٠ وأخيرا وبعد أربعين عاما من البحث المكثف، ثبتت أن حفرية بلتدون ما هى إلا جمجمة بشرية حديثة، كشط سطحها وصبغ بعناية وكان الفك السفلى لقرد من الأورانج أوتان orang - utan.

ظهر أول إنســان حديث (هو النوع الذى ننتمــى إليه أنت وأنا) منذ ٣٥ ألف سنة. واسمــه العلمى *Homo sapines* هوموســابينز. وسمى هذا الإنســان القديم باسـم كرو-ماجنون Cro-Magnoon، ذلك لأن بقاياه كانت قد اكتشفت لأول مرة فى منطقـة كرو-مــاجنون الصخـرية فى وادى دوردون Dordogone بفرنســا عام ١٨٦٨. ويوجد عدد كبـير من الهياكل العظمية المحفوظة حـفظا جيدا. وكان هذا الإنسان يتمـيز بقوة البنية وغلظ القـسمات (كثـير من الهياكل زاد طولهــا عن ستة أقدام)، وكان إنسان كرومــاجنون يمشى بقامة منتصبـة وله جمجـمة حديثة المظهر وذقن سوية النمو، وأنف مدبب وجبهـة عاليـة (شكل ١٥٧ حـ) وكانـت الأدوات التـى يستخدمها هذا الإنسان مصنوعة بدقة من الحجارة والعظم وقرون الحيوانات. وكان يتمتع بمواهب فنية دلت عليهــا الرسومات التى وجدت على جدران الكهوف التى كان يسكنها، مما يثبت التطور العقلى المتفوق لذلك الإنسان.



شكل (١٥٧)

جماجم متحفرة لإنسان

أ- إنسان جاوا. ب- إنسان نياندرثال.

ج- إنسان كرومانجنون.

هكذا تطور الإنســان ووصل *Homo sapines* إلى بريطانيــا. وكانت أقــدم بقايا لهذا الإنسـان الحديث قد عـثر عليها فى سوانزكومب Swanscombe فى كنت Kent. وكان ذلك فـى أثناء الـفتـرة بين الثلجية interglacial الثانية. لكن الغزو الحقيـقى لهذا الإنـسان جاء بنهاية العـصر الجليدى Ice Age. أما بقيــة قصة تطـور الإنســان، فهى تنتمـى إلى علم الأنثروبولوجيا وعلم الآثار والتاريخ.

الفصل العشرون

تكتونية الألواح

PLATE TECTONICS

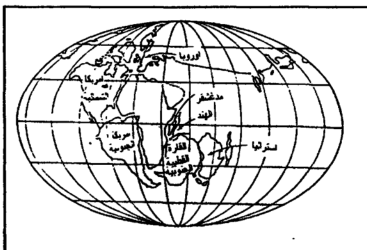
١-الانجراف القارى Continental Drift

كان لاكتشاف الغاز والزيت تحت مياه بحر الشمال أثر عظيم وأهمية اقتصادية قصوى، لدرجة أن هذا الاكتشاف طغى على كل البحوث التى أحدثت تغييرا فى المفاهيم خلال العشرين سنة الأخيرة تقريبا. وبنفس القدر الذى تطورت به التكنولوجيا المعقدة، تطورت قدرتنا على استكشاف explore وتفسير interpret أحداث الماضى الجيولوجى. وهذا قد حول انتباه الجيوفيزيقيين وعلماء البحار مرة أخرى إلى قاع المحيط، وأدى إلى ثورة علمية جعلتنا نعيد التفكير فى كثير من الأفكار التى تخص كوكبنا.

ويستطيع أى واحد منا معه نموذج لكوكب الأرض أو أطلس للعالم، أن يلاحظ أن الساحل الشرقى لأميركا الجنوبية والساحل الغربى لأفريقيا يتشابهان بحيث يكمل أحدهما الآخر. وظل المستكشفون الأوائل لقرون عديدة يتساءلون عما إذا كان هناك تكامل دقيق بين تعرجات الساحلين من عدمه.

ومنذ أكثر من ٥٠٠ سنة، افترض السير فرانسيس بيكون Sir Francis Bacon أن هذه العلاقة ليست من قبيل المصادفة. ومن هنا نشأت الفكرة بأن أميركا الجنوبية وأفريقيا كانتا جزءا واحدا، ثم انفصلتا إلى جزئين انجرفا وتباعدا أحدهما عن الآخر (شكل ١٥٨). وإذا كان هذا الافتراض صحيحا، فإن الحفريات والأدلة الأخرى تشير إلى أن هذا الانجراف القارى قد حدث قبل الدور

الجوراسى، ثم تبع ذلك انـفصال كتـلة كبيرة مـن اليابسة أدت إلى انفـصال قـارة أستـراليـا وأجـزاء أخـرى انجرفت وتباعـد بعضـها عن بعض. وقـامت على هذا محاولات كـثيرة لكى تعيـد لغز لعبة القطع المتـعرجة jigsaw إلى شكلها الأصلى المتكامل. وفى بـداية هذا القـرن، كـانت مـحـاولة هوارد بيكر Howard Baker مهمـة، حيث وضـع تصـورا لطريقـة انفصـال أجزاء القارات بعـضها عن بعض. وقد مكنه هذا مـن مضاهاة السـلاسل الجـبلية الحـديثة من قارة إلى قـارة أخرى. ونمت هذه الفكرة، التى لم تكن مـجرد افتـراض، ثم ما لبـثت أن أصبحت غـير مـقبـولة وذلك بشكل متـكرر، إلى أن ظهر دليل جـديد فى نهـاية الخمـسينيـات والستـينيـات أدى إلى ارتقـاء هذه الفكـرة فأصبـحـت نظرية، يأخذ بها كثـير مـن العلماء حاليا.



شكل (١٥٨)

الترتيب المحتمل للقارات قبل الانجراف القاري، لا تزال هناك مناقشات وتضارب حول بعض الحدود، لكن الموافقة على الانجرافات الأفريقية-الأميركية والأسترالية- القطبية الجنوبية تلاقى قبولا كبيرا

وفى عام ١٩٥٨ اسـتطاع چيولوچى من تـسمانيـا هو س.و. كاراى S.W. Caray أن يصنع نموذجا ضخما للكرة الأرضيـة مثّل فيه القارات بأشكال بارزة من مادة البـرسبكس perspex وأوضح أن أجزاء الـقارات بتعـرجاتهـا من الممكن أن

تتداخـل مع بعضهـا لتعطى شـكلا متكامـلا. ومع تطور تكنولوجيـا الحاسـبات؛ استخدمت تلك الوسيلة القـوية فى حل اللغز، وإنه لمن المدهش أن آخر دراسة قام بها السير إدوارد بولارد Sir Edward Bullard فى كمبـردج باستخدام الحـاسبات وأجريت على تكامل شكل القارات بحيث يكمل بعضها البعض، أن كانت النتائج متفـقة مع النمـوذج والدراسة الـتى قام بهـا كاراى. وقـد وجد أن أفـضل خط لاستكمال الشكل يقع عند خط كنتور ١٠٠٠ متر تقريبا.

وبعد أن تعددت الأدلة عـن تكامل القارات بعضها مـع بعض، كان السؤال هو «كـيف؟» «ولماذا؟» كان لا بد من حـدوث ذلك. ولا بد أن الأسبـاب causes والقوى forces التى تسـببت فى حـدوث ذلك، كـانت قوى جـيـولوجيـة هائلة ومهمـة. وللإجابة عن هذه المشكلة فإن هذه القوى لا بـد وأن تكون موجودة فى باطن الأرض.

• حيود وسط المحيط Mid - Ocean Ridges

ظل معروفا لفترة من الزمن أن المحيط الأطلنطى كان أكثر ضحالة فى وسطه عنه فى أجزائه الأخرى. ويوجد خط من جزر وسط المحيط يمتد فى اتجاه الجنوب من أيسلندا حـتى جزر الأزور Azores وجزر أسنشان Ascension Islands وإلى ماوراء ترستان دا كونها Tristan Da Cunha. وكثير من هذه الجـزر هى بركانية الأصل.

يوجد نوعان مميزان من البراكين ينتشـران حول العالم، وتتميز سلاسل الجزر البركـانية الموجودة فى نطاق حـيد وسط المحيط الأطلنطى بأنهـا من النوع البازلتى السـاكن، وهى تختـلف عن الثـوران البـركـانى الأنديزيتـى العنيف andesitic eruptions الذى يوجد حول المحيط الهادى Pacific Ocean. وأحدث جزر العالم هى جزيرة سورتسى Surtsey والتى تَصدّر اسـمها عناوين الصـحف عام ١٩٦٣ حيث اعتبرت أنها وصلة أخرى (رابطة) فى هذه السلسـلة المحيطية. ومنذ ٢٥ عامًا اكتشف أن هذه الجـزيرة هى مجرد ظاهرة سطحية لحيـد كتلى تحت بحرى. ويبلغ عرض هذا الحـيد مـئات عديدة من الكيلـو مترات، وارتفـاعه حوالى ثـلاثة كيلو مترات أو أكـثر ويوجد فى هذا الحيد واد انخسـافى مركزى central rift valley، وله عرض وعمق مثل الوادى الانخسافى بشرق أفريقيا.

وقد أوضحت الدراسة التى تلت ذلك أن هذا الحيد كان جزءا من نظام حيدى يمتد بعرض العالم لمسافة ٨٠ ألف كيلو متر (٥٠ ألف ميل). وهناك حيود شبيهة تنصف المحيط الهادى والمحيط الهندى، وتتصل هذه الحيود الثلاثة بحيد يمتد بين جنوب أفريقيا وأسترالاسيا Australasia وأنتاركتيكا Antarctica، وجميع هذه الحيود لها نظام انخسافى ملحوظ.

وقد لوحظ أن خط حيد المحيط الأطلنطى يتبع خط الساحل المكمّل لأفريقيا وأمريكا. ومع استمرار البحوث وتقدمها، أصبح واضحا أنه كانت هناك رواسب قليلة جدا على طول الحيود وأن السطيحة التى تكونت على بقية أرضية المحيط كانت أرق مما هو متوقع. كذلك فالأكثر إثارة للاستغراب هو أن أقدم المواد المعروفة لم يزد تقدير عمرها حينئذ على مئة مليون عام.

٢- انتشار أرضية البحر Seafloor Spreading

فى عام ١٩٦٠ تقدم العالم الراحل هِسّ Hess من جامعة برنستون بفكرة جريئة سميت «انتشار أرضية البحر» وكانت فكرة جديدة تماما ثم ما لبثت أن أصبحت مقبولة من الغالبية. افترض «هس» أن هذه الحيود توجد فوق تيارات حمل رافعة rising convection currents تنبع من وشاح الأرض؛ واقترح هِسّ أن القشرة المحيطية الرقيقة نسبيا قد استمدت من الوشاح الصخرى عند الحيود، وأنها كانت تنتشر ببطء مبتعدة عن تيارات الحمل الرافعة.

وعلى افتراض أن الانجراف القارى هو حقيقة واقعة، وأنه حدث بعد الدور الجوراسى post - jurassic، فقد قام هس بعمليات حسابية ذكر على أساسها أن هذا الانتشار يحدث بمعدل سنتيمتر واحد أو سنتيمترين فى العام على أحد جانبى الحيد، وإذا كان ذلك صحيحا، فإن مجموع الانتشار للقشرة المحيطية المتكونة، يكون عمره أقل من ٢٠٠ مليون سنة. وبالمفهوم الجيولوجى، فإن هذه المدة تعد قصيرة جدا بدرجة تثير الدهشة إذا ما قورنت بالتقديرات الحديثة لعمر الأرض التى يقدر عمرها بحوالى ٤٥٠٠ مليون سنة. وإذا كانت افتراضية هس صحيحة، فإن أكثر من نصف سطح الأرض يكون قد تكون فى الجزء الأخير من العشرين جزءا التى يفترض أنها تكونت فيها الأرض. ولفترة زمنية كان يعتقد أن الأرض تتمدد،

لكنه قد ثبت أن هذه الفكرة ليست صحيحة. وعلى ذلك، فلو أن كل هذه المادة قد استحدثت، فإن جزءا منها لا بد أن يكون قد دمر فى مكان ما ليعوض هذه العملية.

• الخنادق Trenches

منذ حوالى مئة عام تقريبا، أجرى أول تسجيل لسبر الأغوار بالقرب من الساحل الشرقى لطنجا Tonga. ومما أثار دهشة قبطان السفينة، أنه كان عليه أن يمد سلكا طوله ۷۰۰۰ مترا (۲٤ألف قدم) قبل أن يصل السلك إلى قاع المحيط. وحديثا سجل معهد سكريبس لعلوم البحار عمقا فى المحيط يزيد على عشرة آلاف متر (۳٥ ألف قدم). وهذا العمق الهائل يزيد على ارتفاع أعلى قمة جبلية فى العالم «قمة إفرست» بحوالى كيلو متر. هذا الغور الهائل الذى يشبه فى شكله حرف V والذى يعرف باسم الخندق trench هو واحد من أمثاله العديدة التى تحد المحيط الهادى. وبشكل عام فإن هذه الأغوار تكون عادة ذات عرض لا يزيد على مئة كيلو متر، لكن الواحد منها قد يمتد طوله ثلاثة آلاف أو أربعة آلاف كيلو متر.

وفى هذه الأغوار وجد العالم هِسّ حلا لمشكلته فى افتراضيته، فبينما حيود وسط المحيط تعلو التيارات الرافعة الآتية من داخل الأرض، فإن الأغوار تمثل الطرف المتجه إلى أسفل لتيارات الحمل. وهنا صادفت أرضية المحيط المنتشرة حاجزا إما من قوس جزيرة أو من قارة، فأدى ذلك إلى هبوطها تحتها. وعندما غطست سطائح القشرة الأرضية إلى أسفل، تم إعادة امتصاصها reabsorbed إلى داخل وشاح الأرض. ويدعم هذه النظرية حدوث الزلازل ونشاط البراكين بالقرب من هذه الخنادق. وقد أوضحت الدراسات الحديثة أن الزلازل العميقة تحدث داخل حزام ضيق لا يزيد عرضه على عشرين كيلو متر. وهذا الحزام الزلزالى يعرف باسم نطاق بنيوف Benioff نسبة إلى هوجو بنيوف، الذى لاحظ هذا النمط من الزلازل حول المحيط الهادى لأول مرة. وهذا الحزام الزلزالى يتجه إلى أسفل بزاوية قدرها ٤٥° تقريبا خلف هذه الخنادق. وعندما تغوص (تهبط) القشرة المحيطية مع الجزء الأعلى القصيف brittle من وشاح الأرض، فإنه ينتج عن ذلك

تغيرات هائلة فى الضغط ودرجة الحرارة، مما يؤدى إلى تغيرات فيزيقية وكيميائية فينتج عن ذلك حدوث هذه الزلازل. ويتمركز أعمق زلزال أمكن تسجيله على عمق يزيد قليلا عن ٧٠٠ كيلو متر (٤٢٠ ميل)، مما يوحى بأن المواد التى طرأت عليها تغيرات مختلفة وتوجد أسفل هذا العمق، تم إعادة امتصاصها فى الوشاح الصخرى.

وتوجد مراكز الزلازل الضحلة أمام وأسفل الخنادق. وتنتج عن القشرة المحيطية، التى تتميز بكثافة منخفضة نسبيا، جاذبية وشذوذ مغنطيسى تم تسجيلهما فى مناطق الخنادق (الأغوار).

وعندما تهبط هذه المواد المنخفضة الكثافة تصبح أطرافها أكثر حرارة، ويتم طرد الغازات المتطايرة والمياه الموجودة فى الأطراف المتغيرة، فتصعد إلى السطح على هيئة أنواع من البراكين ذات التركيب الأنديزيتى المتفجر والتى تشكل حلقة ثورانية حول المحيط الهادى.

هل كانت هناك أدلة تدعم الفكرة الذكية للعالم «هِس»؟ لم يمض وقت طويل حتى اكتشف علماء الجيوفيزياء الذين يدرسون المغنطيسية القديمة، أدلة ملموسة أخرى من القارات وأرضيات المحيطات التى تنجرف وتنتشر. وتحتوى معظم الصخور النارية، مثل اللابة التى تخرج على طول الحيود الوسطى للمحيطات، على معادن حديدية، وهذه عند انبثاقها تكون على درجة حرارة لا تكون المغنطيسية فوقها. وعندما تبرد اللابة، فإن جسيمات الحديد ترتب نفسها طبقا للمجال المغنطيسى السائد للأرض. وباستمرار برودة اللابة يتجمد هذا الاتجاه المغنطيسى داخل المعادن الحديدية. وبطريقة أكثر تعقيدا، فإن هذا الاتجاه المغنطيسى، يتم تقييده عندما تتحول المواد إلى صخور رسوبية جديدة خلال الأزمنة الجيولوجية.

واقترح عالمان بريطانيان من علماء المحيطات، وهما فردريك ج فين Fredrick J. Vine ودراموند ج. ماثيوس Drammond H . Matthews إن المجال المغنطيسى للأرض يتحول إلى عكس اتجاهه من حين لآخر، وأن هذه التغيرات الشاذة تنعكس فى اتجاهات الترتيب المغنطيسى المتجمد فى اللابة المنبثقة والمتبردة من

القشرة المحيطية. وفى بداية الستينيات، كانت هذه الفكرة معقولة ومثيرة، لكن لم تكن هناك أدلة لإثبات صحتها. وفى نفس الوقت، تقدمت الطرق التقنية لتقدير عمر الصخور، بالطريقة الإشعاعية radioactive dating وأصبح من الممكن تقدير عمر اللابة بشكل دقيق. وقد تدعمت فكرة - ماتيوس وفين، حينما تبين أن اللابة التى جمعت من جميع أرضيات المحيطات ولها نفس العمر يكون لها الاستقطاب نفسه polarity. وبنهاية الستينيات أصبح من الممكن رسم مقياس زمنىtime-scale للانعكاسات التى طرأت على اتجاه المجال المغنطيسى للأرض خلال الثلاثة ملايين ونصف عام الماضية. ودعمت ذلك أيضا الدراسات التى أجراها العلماء على الصخور الرسوبية فى قيعان المحيطات واستخرجت جسات cores كاملة من الرواسب التى تقع فوق اللابة، ودرست، حيث لوحظ وجود نفس تتابع فترات الانعكاس والانعدال للمجال المغنطيسى.

وكان هذا الدليل مقنعا بقدر كاف وأثبت أن هذا الانعكاس حدث خلال الثلاثة ملايين ونصف عام الأخيرة. ولسوء الحظ لم تكن هذه الوسائل التقنية لتقدير عمر الصخور مضمونة فى الصخور الأقدم من ذلك. ولكن هل من المعقول أن ما تم تطبيقه بنجاح على فترة وجيزة نسبيا من الزمن الجيولوجى، يصح تطبيقه على فترة تزيد على ٢٠٠ مليون عام لانتشار قاع المحيط ؟ وإذا كان افتراض «هس» بأن انتشار قاع المحيط الذى يحدث من عند الحيود بمعدل ستيمترات قليلة فى السنة، وكان اقتراح «ماتيوس» «وفين» عن الانعكاس المغنطيسى صحيحا، ففى هذه الحالة يمكننا الوصول إلى استنتاجات يمكن اختبار صحتها ميدانيا. وقد أمكن التنبؤ بوجوب حدوث تمنطق banding مواز للحيد الوسطى المحيطى، وأنه يجب أن يكون متماثلا على جانبى الحيد وبالإضافة إلى ذلك فيجب أن يكون هذا التمنطق متشابها فى النظام الحيدى بأكمله.

وبحلول عام ١٩٦٨ ثبتت صحة هذه الفكرة، على الأقل بالنسبة للخمسة وسبعين مليون عاما الماضية. وقد درس بالتفصيل جزء من حيد ريكجينز Reykjanes ridge الذى يمتد فى الاتجاه الجنوبى الغربى من أيسلندا، ولوحظ أن التشابه فى التمنطق كان ملحوظا على جانبى الحيد. وتتواصل الآن البحوث الخاصة بالمحيطات شمال وجنوب المحيط الهادى على طول حيد المحيط الهادى

الأنتاركتى Pacifc - Antarctic ridge وأيضا فى المحيط الهندى وبقية المحيط الأطلنطى. وأمكن مضاهاة عملية انتشار قاع المحيط فى كل موقع من حيد لآخر.

وطبقا للنتائج التى أمكن التوصل إليها، أصبح من الواضح استنتاج أن عملية الانتشار لم تحدث بمعدل منتظم من حيد لآخر، لكنه كان من الممكن مقارنة هذا المعدل بين نظام system وآخر.

وفى عام ١٩٦٩ بدأ مشروع الحفر العميق فى المحيطات والمسمى "JOIDES" أول مراحله عند خمسين موقعا تقريبا فى المحيطين الهادى والأطلنطى وكان من ضمن المهام الموكلة إلى فرق البحث التأكد من فكرة انتشار أرضية قاع البحار.

ويدأ الحفر فى ثمانية مواقع حول خط عرض ٣٠ْ جنوبا، وفحصت جسات cores الصخور الرسوبية التى تعلو تدفقات اللابة البازلتية، وأمكن استخراج سبعة قطاعات seven sections كاملة لهذه الصخور الرسوبية من بين القطاعات الثمانية التى كانت قيد الدراسة. وأوضحت نتائج هذه الدراسة أنه يوجد معدل ثابت لعملية انتشار قاع المحيط بحوالى ٢سم كل عام. وقد وجد أن عمر أقدم الصخور الرسوبية التى تعلو الصخور البركانية وتختلط بها تتناسب طرديا مع المسافة التى توجد عندها العينة فى الحيد المحيطى.

ومن خلال هذه الأدلة الحديثة، تمكن العلماء من حساب المساحة التقريبية التى تشغلها القشرة المحيطية التى تكونت خلال حقب الحياة الحديثة Cainozoic Era وقد قدر أن حوالى ٥٠٪ من قشرة قاع المحيط الحالية وكذلك الرواسب التى توضعت فوقها عمرها أقل من ٦٥ مليون سنة تقريبا. وأصبح واضحا أن حوالى ثلث سطح الأرض قد تكون فى خلال فترة زمنية تمثل أقل من ٢٪ من عمر الأرض. ومن الأرجح أن النصف الآخر من القشرة المحيطية قد تكون خلال حقب الحياة المتوسطة Mesozoic Era.

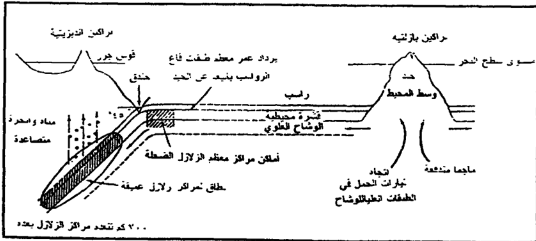
وفى الوقت الحالى فإن أقدم عينة استخرجها فريق البحث للحفر العميق فى البحار (JOIDES) يرجع عمرها إلى أكثر من ١٥٠ مليون سنة تقريبا، وهذا يقابل منتصف الدور الجوراسى.

• صدوع التحويل Transfrom Faults

فى الوقت الذى أنجزت فيه هذه التطورات، كان ويلسون J . T . Wilson يقوم بدراسة نوعية جديدة من نظم الصدوع أطلق عليها اسم صدوع التحويل، وفى كثير من الحالات، تعبر هذه الصدوع حيود وسط المحيط عموديا عليها ناقلة أجزاء من الحيود (مسافات ليست قصيرة)، ويستمر الانتشار على جانبى الحيد المصدوع. وأدت هذه الدراسة إلى زعزعة فكرة العالم «هِسّ». وتبع ذلك إعادة التفكير فى هذا المجال، إذ برزت صعوبة فى تصور قدرة تيارات الحمل التى تتصاعد من باطن الأرض على التزحزح والاستمرار لمسافات تزيد على عشرات أو مئات الكيلومترات من موقعها الأصلى.

٣- تكتونية الألواح Plate Tectonics

كانت نتيجة البحوث الجيدة التى قام بها العلماء: «هِسّ» و«فين» و«ماتيوس»، والتى ثبتت صحتها بالأدلة الملموسة، أن بزغت نظرية جديدة أمكن تطبيقها على نطاق العالم بأكمله(شكل ١٥٩). وقد طور العالم مرجان "Morgan" بجامعة برنستون من عمل العالم «ولسون» عن حيود وسط المحيط وارتباطها بصدوع التحويل Transform Faults. وقد ثبت اتفاق النتائج التى توصل إليها مع النتائج الأخرى التى توصل إليها مستقلا العالم ماكنزى



شكل (١٥٩)

تمثيل تخطيطى لانتشار أرضية قاع البحر والنشاط التكتونى المصاحب

"Mackenzie" بجامعة كمبردج والعالم باركر Parker من معهد سكريبس لعلوم البحار. وأدت أبحاثهم المنشورة حول «التكتونية الحديثة للعالم» والتطورات التى لحقتها حول نظرية «تكتونية الألواح» والتى شاع انتشارها، إلى ثورة فى كل معالم الدراسات الچيولوچية والدراسات المرتبطة بها.

وتبنى هذه النظرية على أساس مفهوم أن سطح الأرض بأكمله، ينقسم إلى نحو ستة ألواح كبيرة ورقيقة نسبيا، يبلغ سمك الواحد منها حوالى مئة كيلو متر، وقد يكون اللوح محيطيا تماما أو قد يحمل تكوينا قاريا ضخما. وتتحرك هذه الألواح حركة نسبية فى اتجاه بعضها البعض أو فى اتجاه محور دوران الأرض، وذلك بصفة مستمرة. وإذا كان الأمر كذلك، فإنه من الواضح أن هذه الألواح تتقابل وتتحرك بعضها عكس بعض، وينتج عن ذلك آثار جيولوجية مهمة، وأنها ستكون مواقع لأماكن حدوث التأثيرات العنيفة التى تمر بها. وأمكن تمييز ثلاثة أنماط من الحدود أو الوصلات:

• الحدود البنائية Constructive Bounderies

إحدى الطرق التى تتقابل بها هذه الألواح تعرف باسم الحدود المتباعدة divergent أو البنائية constructive. فتتقابل الألواح المتجاورة عند الحيود المحيطية أو ما يسمى بالمنابع. وتتكون فى هذه الحالة طبقة قشرية يصاحبها ثوران بازلتى وتدفقات لابية. وعندما تتكون هذه المواد الجديدة، تبدأ فى التباعد بمعدل يتردد بين ٢سم و٩ سم عن المصدر، مما يؤدى إلى الانتشار الذى أشرنا إليه سابقا فى هذا الباب.

ومن الجدير بالذكر أن اللوح الكبير الذى يحمل قارة أفريقيا له حدود بنائية على جانبيه الشرقى والغربى، ويمتد هذا اللوح من الحيد الأطلنطى شرقا عبر أفريقيا إلى حيد المحيط الهندى. وبما أنه لا يوجد خندق بين الحيدين، وأن كلتا هاتين الحافتين هما مصدر هذه المواد المنتشرة بمعدل يتردد بين ٢سم و٩سم فى العام، فإن هذا اللوح يتزايد حجمه بمعدلات ثابتة.

• الحدود الهدامة Destructive Boundaries

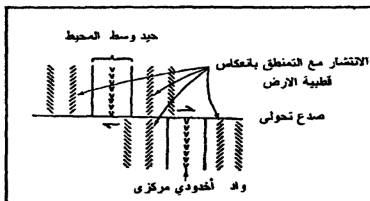
هذه على النقيض من النوع السابق؛ وتسمى الحدود الهدامة destructive أو المتلاقية convergent. وتوجد هذه الحدود التى تسمى أيضا بالوعات sinks عند

الخنادق التى تتخذ أشكالا تشبه حرف V، حيث يتقابل لوحان متجاوران عند حافتيهما فى وضع عكسى؛ وتدفع القشرة المحيطية الرقيقة أسفل الحافة الأخرى. ويدفع طرف اللوح limb إلى أسفل بزاوية قدرها ٤٥ تقريبا، مما ينتج عنه كل الظواهر التكتونية من الزلازل والثوران البركانى الأنديزيتى والظواهر الأخرى التى ترتبط بها.

والمحيط الهادى المحوط بخنادق كثيرة من هذا النوع، يبتلع المواد بمعدل أسرع من معدل استحداثها عند حيد وسط المحيط. وعليه، فإن مساحته تتناقص ببطء. وهذا يعوض الزيادة والتمدد اللذين يحدثان فى الألواح الأخرى دون أن يصاحب ذلك تمدد فى الأرض نفسها.

• الحدود المحافظة Conservative Bounderies

يوجد نوع ثالث من الحدود، حيث لا تتباعد فيه الألواح بعضها عن بعض أو يرتكز بعضها على بعض، لكنها تنزلق بعضها نحو بعض، وتسمى هذه الحدود باسم الحدود المحافظة أو وصلات التمزيق shear junctions. وتظهر هذه الحدود بمظهر الصدوع المحولة transform faults التى اكتشفها العالم ولسون "Wilson" (شكل ١٦٠).



شكل (١٦٠)

الانتشار والتصدع من حيد وسط المحيط

ويمكن تمييز ودراسة هذه الظواهر بسهولة نسبية فى القشرة المحيطية لكن الأمر يكون أكثر صعوبة وتعقيدا إذا حاولنا ذلك فى القطاعات القارية القديمة

للألواح. وفى كل الحالات، فحينما تُمَد خطوط الحيود ونظم الخنادق، فإنها تؤدى إلى مناطق ذات نشاط قارى. فمثلا الخندق الإندونيسى ونظام الجزر القوسية Island Arc System يستمران ويدخلان فى سلسلة الهيمالايا Himalayan ranges. مثل هذه العلاقات الوثيقة بالإضافة إلى الحدود البحرية المحددة جيدا، مكنت العلماء من استكمال تقسيم الأرض إلى ألواح.

• الحركة اللوحية Plate Movement

من المعلوم طبقا لقوانين الهندسة، أن أى حركة على سطح كرة من الممكن اعتبارها حركة دورانية حول مركز يمكن تحديده. ويوحى شكل الأرض الذى يعد شكلا كروانيا (شبه كروى) pseudo - spherical بأفكار عن كيفية اختبار صحة نظرية الألواح. وقد أيدت البيانات التى أمكن الحصول عليها من سفن الأبحاث فى المحيط الأطلنطى، عندما درست ووضحت بيانيا، صحة نظرية الألواح. وقد وجد أن مركز دوران الصدوع المحوَّلة transform faults الموجودة فى نظام الأطلنطى، يقع تقريبا عند نفس خط عرض جرينتش Greenwich، لكن بدرجة ٣٦ْ إلى الغرب (شكل ١٦١). كذلك أجرى اختبار على تنبؤ هندسى أكثر وضوحا، فالشىء الموجود على مسافة أبعد من مركز الدوران ويتحرك بعيدا عنه، يكون هو الأسرع ويلزم أن يتحرك بنفس الزاوية التى تتحرك بها أشياء أكثر قربا من

شكل (١٦١)

رسم مبسط لتوضيح تأثير الدوران للألواح على سطح الأرض

مركز الدوران. وعلى هذا الأساس، فمن الممكن أن نتوقع اختلافات فى سرعة الانتشار على طول خط الحيد حتى نتأكد من حركة الألواح، وقد وجد أن ذلك حقيقى.

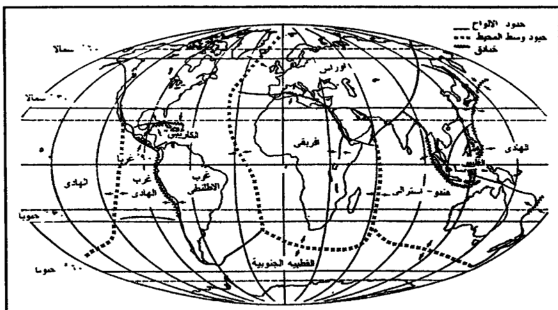
• مفاهيم لتطبيقات مستقبلية Implications for the Future

ماذا يحدث عندما تتلاقى ثلاثة ألواح ؟ وما هى أسباب حركة الألواح ؟. توجد مناقشات تفصيلية عن تكتونية الألواح لا يتسع لها مجال هذا الكتاب. وبالطبع فإن القارئ المهتم، من الممكن أن يجد المزيد عن هذا الموضوع بنفسه ولنفسه، وكل المعلومات متاحة فى أماكنها الصحيحة. وكلما عرفنا المزيد عن كوكبنا كان ذلك أفضل، لكن ما هى الاحتمالات التطبيقية المستقبلية لكل هذه الأنشطة العلمية.

نحن نعرف الآن أفكارا أفضل عن أسباب الزلازل، وقد أمكننا أن نطور تقنيات أكثر تعقيدا لتحديد مراكز أنشطة الزلازل، وكذلك كيفية التنبؤ بها فى المستقبل. إن نظاما علميا مبيِّنا يُعتمد عليه ليمكن عن طريقه إنقاذ حياة الآلاف لو استطاع هذا النظام التنبؤ بنوع الحركة العنيفة التى حدثت على طول النظام الصدعى «سان أندرياس» فى بداية هذا القرن. وتحدث الحركة على طول هذا اللوح الحدودى بمعدل ستة سنتيمترات تقريبا كل عام، مع ألواح الأطلنطى والهادى المتحركة شمال / جنوب عكس بعضها البعض (شكل ١٦٢).

وقد مكنت نظرية تكتونية الألواح العلماء من حساب مقدار الحركة المسجلة، وما هو المطلوب للحفاظ على الأشياء فى حالة اتزان. وعليه فيمكنهم من التنبؤ بزلزال وشيك، حينما يتولد شد وإجهاد وقد اقترح العلماء أن نظاما صدعيا ما، يمكن «تزييته» «oiling» بالماء لتسهيل الحركة فيه، أو أن تستخدم عملية تفجير فيه لتنشيط حدوث زلازل صغيرة بقصد تحاشى إمكانية حدوث كوارث مؤثرة نتيجة لتراكم (تزايد) الإجهاد فى النظام.

وكما هو الحال مع الزلازل، فالحال مشابه مع البراكين إذ يمكن أن نعرف الكثير عنها، وعليه فمن الممكن التنبؤ باحتمال حدوث ثورانها.



شكل (١٦٢)

تقسيم الأرض إلى الألواح الأساسية، موضحا الانتشار من حيود منتصف المحيط والامتصاص فى الخنادق

وهناك ظاهرة تدميرية أخرى لحركة الألواح تنشأ عن النشاط الزلزالى وهى عبارة عن تكاوين موجية هائلة تعرف باسم التسونامى Tsunami، ومركز أصل هذه التكاوين معروف إلى حد كبير، وتعيين حدود الألواح فى تلك المناطق يمكّن من تقديم قدر كاف من التحذير قبل حدوث التسومانى.

ولتكتونية الألواح أهمية كبرى فى المساعدة على فهم الماضى الجيولوجى، وكذلك وجهات النظر فى بحوث الجيولوجيا الاقتصادية؛ فهناك الكثير من رواسب الخامات الأساسية يرتبط مع تيارات الحمل الرافعة والآتية من باطن الأرض ونتيجة لانفصال الكتلة القارية الأفريقية عن الكتلة العربية تكونت خامات كثيرة بكميات كبيرة على طول خط البحر الأحمر. وتشمل هذه الخامات الذهب والفضة وكذلك مصادر لا تقدر بمال من النحاس والحديد وغيرها من الفلزات، وهذه الاكتشافات مع غيرها فى مواقع شبيهة مكّنت الجيوفيزيقيين من تحديد مواقع أخرى ممكنة لمثل هذه الرواسب المعدنية التى يبحث عنها الجميع.

لقد أثبت تطور نظرية تكتونية الألواح وجود مواقع ممكنة لخامات أولية غنية نافعة. كذلك فقد كانت مفيدة فى التنقيب والبحث عن مصادر للنفط والخامات الثانوية الأخرى فى العالم بأكمله. ومن خلال البحوث التى أجريت، أصبح ممكنا تحديد مواقع الألواح التكتونية على خريطة عبر العصور المختلفة.

وتتركز هذه الخامات بصفة عامة عند خطوط العرض الدافئة، وعلى ذلك فيمكننا معرفة أى المناطق كانت موجودة عند خطوط العرض الدافئة فى الماضى، مما يعطينا دليلا (مرشدا) جيدا عن المناطق التى يجب أن نبحث فيها، وتلك التى يجب ألا نبحث فيها. ومازالت نظرية تكتونية الألواح حديثة، ولم تزل هناك أسئلة كثيرة بدون إجابة حتى الآن. وقد نحصل على معلومات أفضل عن أحزمة البراكين والزلازل الموجودة فى العالم وكذلك عن علاقة تكون القلانس الجليدية ice-caps بانجراف القارات نحو المناطق القطبية. لكن، وكما يحدث عادة، فإن الإجابة عن مشكلة قد تولد مشاكل أخرى تنتظر الحل.

لماذا تتغير قطبية الأرض polarity من وقت لآخر؟ وما هو تفسير وجود خط من الجزر البازلتية فى المحيط الهادى تكوّن بعيدا عن حيد وسط المحيط ؟ وكيف تعمل تيارات الحمل داخل الأرض على وجه التحديد؟ ومن أين أتى الماء الذى يملأ المحيطات حاليا، فى حين أن المحيطات منذ مئة مليون سنة كانت أكثر ضحالة؟ وإذا كان اللوح الأفريقى يتمدد والمحيط الهادى ينكمش فما هى الأوضاع الأكثر احتمالا فى المستقبل ؟ وهكذا فمع قدوم نظرية تكتونية الألواح قد بدأ فصل جديد من فصول تفهم الأرض. ومن يدرى بالضبط ما هى التطورات التى سوف تحدث فيما بعد.

الفصل الحادى والعشرون

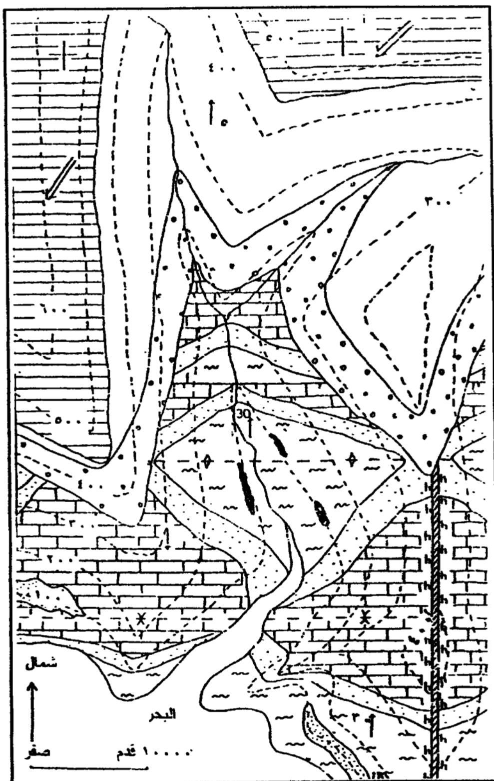
الخرائط الچيولوچية

GEOLOGICAL MAPS

يَستخدم دارس علم الجغرافيا الخرائط؛ وسرعان ما يتعلم قراءتها ويستطيع استنباط النتائج منها حتى ولو كانت هذه الخرائط لمناطق لم يرها هذا الدارس من قبل. وبالمثل، فإن طالب الچيولوچيا. يستطيع أن يستمد ثروة من المعلومات من خرائطه الچيولوچية. وتعد قراءة الخرائط من الأجزاء المهمة فى علم الخرائط الچيولوچية بكل المقاييس وعلى كل المستويات. ولهذا فإن هذا الفصل الأخير من هذا الكتاب يشتمل على ملخص لما سبق، وكذلك يعد مقدمة للخرائط الچيولوچية.

كان وليم سميث William Smith هو أول من رسم خريطة چيولوچية عام ١٨١٥ م، ومن ملاحظة الصخور ومضاهاتها باستخدام المحتوى الحفرى لهذه الصخور استطاع أن يُخْرِج سلسلة من خمس عشرة خريطة (بمقياس رسم خمسة أميال لكل بوصة واحدة) وقد غطت هذه الخرائط إنجلترا وويلز. وأتم معهد العلوم الچيولوچية حاليا نشر سلسلة من الخرائط تغطى معظم أجزاء بريطانيا بمقياس رسم ميل واحد لكل بوصة.

إن الوضع فى الحقل يكون فى الغالب معقدا، وعليه فينصح الطالب بأن يتناول بالدراسة خرائط المسائل أولا. وهذه الخرائط معدة لتوضح سمات چيولوچية خاصة لمنطقة تخيلية imaginary area. والآن لننظر فى إحدى هذه الخرائط (شكل ١٦٣)، لنرى كيف أنها تعكس المعلومات التى وردت فى الجزء الأول من هذا الكتاب.



شكل (١٦٣)
مسألة (يرجع إليها فى المتن)

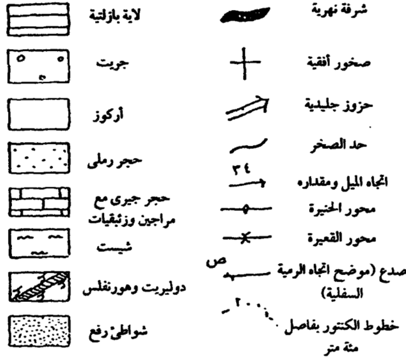
أولاً: دعنا نرى أنواع الصخور الموجودة (شكل ١٦٤):

صخور متحولة: شيست وهورنفلس محلى حول متدخلة نارية.

صخور نارية · جُدَد دوليريتية وبازلت .

صخور رسوبية: حجر رملى، حجر جيرى، جريت وأركوز.

مظاهر أخرى: شاطئ مرفوع، شرفات نهرية، وخدوش ثلجية.



شكل (١٦٤)
وهو دليل للخريطة شكل ١٦٣

ثانياً: دعنا نأخذ فى اعتبارنا البنيات الموجودة فى هذه المنطقة والمبينة فى الخريطة شكل (١٦٣):

فى شمال المنطقة توجد صخور البازلت، وهى صخور أفقية (لاحظ كيف أن قاعدة الطبقة الأفقية تتبع خطوط الكنتور). وإلى الجنوب من ذلك توجد صخور الجريت والأركوز وتميل بزاوية قدرها ٥° شمالا. ولهذا يوجد لا توافق

unconformity بـين هـذه الصـــخور وصـخـور البازلـــت. لاحـظ أيضا كـيف تصنع الصخـور المائـلة أشـكال رقم «٧» فى الأودية وعلى التـلال. وبالاسـتمرار فى اتجـاه الجنـوب، نجـد الأحجار الرمليـة والأحجار الجيرية المتأثرة بالـصدع الممتد من الشرق إلى الغرب، وكذلك الحـنيرة (الطية المحدبة) anticline والقعيرة (الطية المقعرة) syncline المتوازيتـان مع الصدع. ويلاحـظ مـيل الطرف الشمـالى للطية بزاوية قدرهـا ٣٠ْ، وميل الطرف الجنوبى لها بزاوية قـدرها ٢٠ْ؛ وعليه فالطية إذن غـيـر متـمـاثلة asymmetrical. كـذلك لا بد أن يكون هنـاك لاتوافق بين هذه الصخور وصخور الجريت والأركوز (لاحـظ كيف أن الصدع يمتد باستقامـة علـى امـتداد المنطقـة)، وهـذا معناه أن الـصـدع رأسى، كذلـــك فـإن الطيـات تكوّن نظـم طى fold patterns ⩚ و ⩛ «عندما يلتقى طرفاها المائلان».

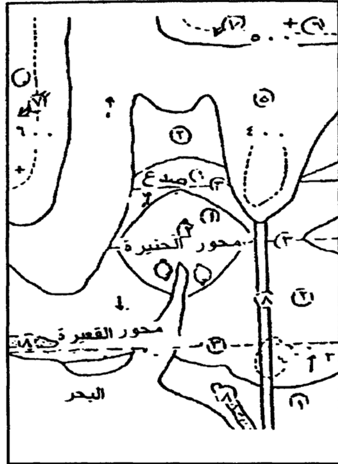
وتوجد فى شرق المنطقـة جدة قاطعة dyke مع وجود منطقة تحـول محلية، ونظرا لاتجاهها المستقيم فهى رأسية أيضا.

وأخـيرا توجـد عدة مكاشـف لصخـر الشيـست فى مناطق عـديدة تأثرت بالتـحول الإقليـمى regional metamorphism. ولهذا يوجـد لا توافق ثالث بين هذه الصخور المتحولة وصخور الحجر الرملى والحجر الجيرى.

ثالثا: دعنـا نرتـب الأحـداث تتابعـيا (شكل ١٦٥): صـخر الشـيست هـو أقدم الصخور، وعليه ترتكز صـخور الحجر الرملى والحجر الجيـرى المطوية والمتصدعة، ثم يلى ذلك الجـدة القاطـعة والهـورنفلس hornfels اللذان تدخـلا فى صخـور الشيست والحجر الرملى والحجر الجيرى لكن تعلوهما الصخور الأخرى.

وتتكون المجموعة الرابعة من صخـور الجريت والأركوز ذات الميل البسيط ثم تأتى بعد ذلك صخـور البازلت الأفقيـة، ثم أخيرا الحزوز الثلجيـة الحديثة recent glacial striations، والشـرفات النهـرية river terraces وشـاطئ الرفع raised beach.

ويمثل(شكل ١٦٦) قطاعا أُخِذ على امتداد الخط أ - ب. وفيما يلى تفسير للحوادث التى سبق شرحها، ليساعدَ ذلك على تكوين رؤية مجسمة ثلاثية الأبعاد لما حدث فى الماضى بالنسبة لهذه المنطقة.



شكل (١٦٥)
شكل يوضح تتابع الأحداث فى
شكل ١٦٣



شكل (١٦٦)
قطاع أ-ب

والآن، دعنا نعيد بناء صورة للتاريخ الچيولوچى للمنطقة باستخدام المعلومات التى حصلنا عليها مما سبق، وكذلك من معلوماتنا الچيولوچية التى تعلمناها من الفصول السابقة من هذا الكتاب: أول الأحداث المسجلة فى هذه المنطقة هو تحول - على مستوى إقليمى - لصخور قديمة ليتكون منها صخر الشيست المتحول. والأغلب أن هذا قد حدث تحت ظروف من الحرارة العالية والضغط الشديد. ثم حدثت بعد ذلك فترة تحات erosion وطغيان بحرى marine transgression،

مما نتج عنه ترسيب حوالى مئة قدم من الحجر الرملى ومئات الأقدام من الحجر الجيرى (يمكن تعيين سمك الطبقات من القطاع الجيولوچى). ويفسر التغير الليثولوجى من الحجر الرملى إلى الحجر الجيرى، إمّا نتيجة لزيادة عمق البحر أو لنقصان كمية المواد الواردة إلى البحر. ويدل وجود المراجين والزنابق فى الحجر الجيرى إلى أن مياه البحر كانت ضحلة ودافئة وصافية. وربما كانت هناك طبقات أخرى فى هذا التتابع، لكن يحتمل أنها فُقِدَت نتيجة لعمليات الرفع uplift، والطى folding، والتصدع faulting، والتحات erosion التى حدثت بعد ذلك. وأدت عملية التصدع العادى إلى حدوث رمية سفلية downthrow قدرها ٣٠٠ قدم إلى الجنوب (يمكن تعيين ذلك أيضا من القطاع الجيولوچى).

ثم حدثت فترة من النشاط النارى كما يستدل عليها من جُدةً الدوليريت القاطعة التى أثرت على صخر المنطقة country rock بفعل الحرارة الناتجة عن عملية التدخل النارى igneous intrusion. وبعد فترة التحات erosion، ترسبت طبقات الجريت والأركوز. ونظرا لأن صخر الأركوز هو حجر رملى يحتوى على نسبة عالية من الفلسبار، فإن ذلك يدل على أن الأركوز قد ترسب فى بيئة قاحلة arid، مثل الظروف التى كانت سائدة فى بريطانيا أثناء الدور البرمى والترياسى.

بعد ذلك حدثت فترة نشاط نارى ثانية، ويلاحظ وجود جزئين من اللابة البازلتية المتدفقة التى تظهر على الأراضى العالية فى المنطقة (لاحظ أن الجُدةً الشديدة المقاومة تكوِّن حيدا من التلال المنخفضة).

وبعد حدوث فترات الجفاف arid conditions، انسابت اللابة من البراكين، مما خلف لابة يقدر سمكها بحوالى ٢٠٠ قدم على الأقل، وأدى ذلك إلى إمالة tilting الطبقات التى توجد تحتها.

وبدأت الظروف القاحلة الحارة فى التلاشى تدريجيا ثم غطت المثالج المنطقة. ومن الممكن تعيين حركة المثلجة من العلامات التى تركتها المثلجة على الانسيابات اللابية lava flows .

بعد ذلك حفر النهر واديه بفعل عمليات التحات erosion. وتدل الشرفات النهرية وشواطئ الرفع على فترة من الرفع uplift عندما حدثت عملية تصابى

للنهر rejuvenation، ونتجت عن ذلك الطوبوغرافية الموجودة فى المنطقة حاليـا.

وتمثـل الخريطة فـى (شكل ١٦٧) نموذجا آخر للقـارئ ليحاول أن يدرسـها ويفسرها بنفسه.

دليل الخريطة

الطباشيري

طباشير

صلصال

الرمل الأخضر

البرمي

مارل

حجر أحمر قديم

كربونى

ميكروجرانيت مع نطاق تحولى

جرانيت وصخور مرقطة

سيلورى

صخور مطوية بشدة بها مراجين

صخور أفقية

صدع (موضح عليه اتجاه الرمية السفلية) ص

مقدار واتجاه الميل ٢

حد الصخر

لوط الكنتور بفاصل منه قدم

١٠٠٠ قدم   صفر

شكل (١٦٧)

مسألة أخرى للدراسة والتفسير

الملاحـــــق

ملحق (أ)

الصفات الفيزيقية التي وضعت في الفصل الثاني

المعدن	الصيغة الكيميائية	النظام	اللون	البريق	الصلادة	الوزن النوعي	الشفافية	التشقق	المكسر	الحكاكة
فلسبار الأرثوكليز	$KAlSi_3O_8$	الميل الواحد	أبيض، رمادي، أحمر لحمي، أصفر .	زجاجي	٦	٢,٥-٢,٦	شفاف إلى شبه شفاف	في مستويين متعامدين	محاري	أبيض، عديم اللون
فلسبار البلاجيوكليز	ألبيت $Na Al Si_3O_8$ أنورثيت $CaAl_2Si_2O_8$	الميول الثلاثة	أبيض، أصفر، أحمر، رمادي أو أسود .	زجاجي	٦	٢,٦-٢,٨	شفاف إلى شبه شفاف	في مستويين متعامدين	غير مستو	أبيض، عديم اللون
كوارتز	SiO_2	السداسي	عديم اللون، أبيض، وردي، رمادي .	زجاجي إلى شحمي	٧	٢,٦٥	شفاف إلى معتم	غير متشقق	محاري إلى غير مستو	
مسكوفيت	سليكات معقدة للألومنيوم والبوتاسيوم	الميل الواحد	شفاف، رمادي أو بني ناصل.	زجاجي لؤلؤي	٢-٢,٥	٢,٨-٣,١	شفاف إلى معتم	قاعدي كامل	—	أبيض أو فاتح اللون
بيوتيت	سليكات معقدة	الميل الواحد	أسود، بني أدكن أو أخضر	زجاجي لؤلؤي	٢-٢,٥	٢,٨-٣,١	شفاف إلى معتم	قاعدي كامل	—	—
أوجيت (بيروكسين)	سليكات معقدة	الميل الواحد أو المعيني القائم	أخضر، بني أو أسود .	زجاجي أو سمني مطفي	٥-٦	٣,٢-٣,٦	معتم	في مستويين متعامدين غالباً	غير مستو أو قصيف	—
هورنبلند (أمفيبول)	سليكات معقدة	الميل الواحد أو المعيني القائم	أبيض، أخضر، رمادي أو بني .	زجاجي وقد يكون حريري	٥-٦	٢,٩-٣,٣	معتم	في مستويين مائلين بزاويا ٥٦° و١٢٤°	—	أبيض إلى أخضر رمادي
كالسيت	$CaCO_3$	السداسي	عديم اللون، أبيض، أصفر .	زجاجي	٢	٢,٧٢	شفاف إلى معتم	معيني كامل في ثلاثة اتجاهات	محاري	ناصل اللون أو عديم اللون
دولوميت	$CaCO_3.MgCO_3$	السداسي	أبيض وغالبا يوجد في ألوان مختلفة .	زجاجي إلى لؤلؤي	٣,٥	٢,٨-٢,٩	معتم	معيني كامل	محاري، قصيف	رمادي إلى أبيض

المعدن	الصيغة الكيميائية	النظام	اللون	البريق	الصلادة	الوزن النوعى	الشفافية	التشقق	المكسر	الحكاكة
فلوريت	CaF_2	المكعبى	عديم اللون، أبيض، أزرق.	زجاجى	٤	٣,٢٥-٣	شبه شفاف	ثمانى الأوجه كامل	محارى	أبيض
أراجونيت	$CaCO_3$	المعينى القائم	أبيض، رمادى، أخضر أو بنفسجى .	زجاجى	٢,٥	٢,٩	شفاف إلى شبه شفاف	كامل فى مستو واحد أو غير واضح فى مستويين	تحت محارى ضعيف ع	أبيض
جبس	$CaSO_4.2H_2O$	الميل الواحد	عديم اللون،أبيض أو مصبوغ.	زجاجى، لؤلؤى أو حريرى	٢	٢,٣	شفاف إلى معتم	كامل فى مستو واحد أو غير واضح فى مستويين	—	أبيض
أنهيدريت	$CaSO_4$	المعينى القائم	عديم اللون، أبيض إلى رمادى	زجاجى، لؤلؤى أو شحمى	٣,٥-٣	٢,٩	شفاف إلى شبه شفاف	كامل فى ثلاثة اتجاهات	غير مستو إلى شظوى	أبيض
هاليت (الملح الصخرى)	$NaCl$	المكعبى	عديم اللون، أبيض، أحمر أو أزرق.	زجاجى	٢,٥-٢	٢,٣-٢,١	شفاف إلى شبه شفاف	مكعبى كامل	محارى	أبيض
كاولينيت	$Al_2O_3 . 2SiO_2 . 2H_2O$	الميول الثلاثة	أبيض، أصفر أو رمادى	شحمى إلى ترابى	٢,٥-١	٢,٦-٢,٢	معتم	قاعدى كامل	مجعد	—
سربنتين	$3MgO.2SiO_2 .2H_2O$	الميل الواحد	أدكن، أسود، أخضر	شحمى إلى شمعى	٤-٢,٥	٢,٨-٢,٥	شبه شفاف إلى معتم	ضعيف	محارى إلى شظوى	أبيض
كلوريت	سليكات معقدة	الميل الواحد	أخضر	لؤلؤى	٢,٥-١	٣-٢,٦	شبه شفاف إلى معتم	فى مستو واحد	—	ضارب إلى الإخضرار
بوكسيت	$Al_2O_3.2H_2O$	عديم التبلور	أبيض، أصفر، بنى، أحمر	غير لامع	٣-١	٢,٥-٢	معتم	—	—	مثل لون المعدن

المعدن	الصيغة الكيميائية	النظام	اللون	البريق	الصلادة	الوزن النوعي	الشفافية	التشقق	المكسر	الحكاكة
كالكوبيريت	$CuFeS_2$	الرباعي	أصفر نحاسي	فلزي	٤-٢,٥	٤,٢	معتم	—	قصيف	أسود إلى الإخضرار
كالكوسيت	Cu_2S	المعينى القائم	رصاصي-أسود	فلزي	٣-٢,٥	٥,٨-٥,٥	شفاف إلى معتم	ضعيف	محاري، قصيف	أزرق إلى رمادي
أزوريت	$2CuCO_3 . Cu(OH)_2$	الميل الواحد	أزرق لازوردي	زجاجي	٤-٣,٥	٣,٨	معتم	—	محاري، قصيف	أزرق ناصل
ملاكيت	$CuCO_3 . Cu(OH)_2$	الميل الواحد	أخضر لامع	حريري - أرضي	٤-٣,٥	٤,٠٣-٣,٩	معتم	—	غير مستو	أخضر ناصل
الذهب	Au	المكعبي	أصفر ذهبي	فلزي	٣-٢,٥	٣-١,٩	معتم	—	مسنن	أصفر أبيض
جالينا	PbS	المكعبي	رصاصي	فلزي لامع	٢,٥	٧,٦-٧,٤	شفاف إلى شبه شفاف	مكعبي كامل	تحت محاري	بنفس لون المعدن
سيروسيت	$PbCO_3$	المعينى القائم	أبيض	حريري	٣	٦,٤	تحت شفاف إلى معتم	—	محاري، قصيف	أبيض
سنابار	HgS	السداسي	أحمر إلى بني لامع	الماسي إلى أرضي	٢,٥-٢	٨,١	معتم	منشوري كامل	تحت محاري إلى غير مستو	قرمزي
الفضة	Ag	المكعبي	أبيض فضي سطحه عادة	فلزي	٣-٢,٥	١٠,٥	معتم	—	مسنن	أبيض فضي
أرجنتيت	Ag_2S	المكعبي	رمادي إلى سواد	فلزي	٢,٥-٢	٧,٣	معتم	—	تحت محاري	رصاصي لامع
كاسيتريت	SnO_2	الرباعي	درجات من اللون الأخضر البني -الأحمر	الماسي تحت فلزي وأرضي	٧-٦	٧,١-٦,٨	تحت شفاف إلى معتم	—	غير مستو، قصيف	أبيض إلى رمادي ناصل
سفاليريت	ZnS	المكعبي	أصفر بني مسود	صمغي إلى الماسي	٤-٣,٥	٤,١	زجاجي	في ستة اتجاهات	محاري	بني ناصل

المعدن	الصيغة الكيميائية	النظام	اللون	البريق	الصلادة	الوزن النوعي	الشفافية	التشقق	المكسر	الحكاكة
هيماتيت	Fe_2O_3	السداسي	رمادي، أحمر، بني أو أسود	فلزي إلى ترابي	٦,٥-٥	٥,٣-٤,٩	معتم	ضعيف	شظوي إلى غير مستو	أحمر
مجنتيت	Fe_3O_4	المكعبي	أسود	فلزي إلى تحت فلزي	٦,٥-٥,٥	٥,٢-٥	معتم	ضعيف	محاري إلى غير مستو	أسود
ليمونيت	$Fe_2O_3 \cdot H_2O$	عديم التبلور	أصفر، بني أو أسود	ترابي	٥,٥-٥	٤-٣,٤	معتم	—	غير مستو	أصفر - بني
بيريت	FeS_2	المكعبي	أصفر نحاسي	فلزي	٦,٥-٦	٥,٢-٤,٩	معتم	—	غير مستو	أسود ضارب إلى البني والأخضر
بنتلانديت	(Fe , Ni) S	المكعبي	أصفر برتقالي	فلزي	٤-٣,٥	٥	معتم	—	غير مستو	أسود
سمالتيت	$COAs_2$	المكعبي	أبيض	فلزي	٦-٥,٥	٦,٤	معتم	ثماني الأوجه	غير مستو، ضعيف	أسود إلى رمادي
كروميت	$FeCr_2O_4$	المكعبي	أسود	تحت فلزي	٦-٥,٥	٦,٤	معتم	—	غير مستو	بني
مجنزيت	$MgCO_3$	السداسي	أبيض	زجاجي	٤	٣	شفاف إلى معتم	معيني كامل	محاري	—
يورانينيت	أكاسيد معقدة لليورانيوم	المكعبي	أسود أو بني إلى أسود	مثل القار تحت فلزي	٥,٥	٩,٧-٩	معتم	—	غير مستو إلى محاري	بني مسود
كارنوتيت	$K_2(UO_2)2(VO_4)_2H_2O$	المعيني القائم	أصفر كناري فاقع	ترابي	طري جداً	٤	معتم	قاعدي	غير مستو	أصفر ناصل
كبريت	S	المعيني القائم	أصفر	صمغي إلى شحمي	٢,٥-١,٥	٢,١	شفاف إلى معتم	غير كامل	محاري إلى غير مستو	أبيض

ملحق "ب"

الصخور والمعادن والحفريات: من أين تجمع؟ وكيف؟

يعتمد جمع عينات الصخور والحفريات والمعادن على معرفة المكان الذى يجب أن نبحث عنها فيه، وكذلك الأدوات التى يجب استخدامها، وأهم الطرق الفعالة لجمع هذه العينات.

١- أين تبحث ؟ Where to Look

من أهم ما يلزم ويشكل الأساس لجمع عينات الصخور والمعادن هى أين تبحث عن العينات؟ فالصخور والمعادن توجد حولنا فى كل مكان. وليست المشكلة تتمثل فى ماذا تجمع من عينات وتأخذها، وماذا تترك ولا تأخذه.

حاول أن تجمع العينات الصخرية من الأنفاق التى تحفر لإنشاء الطرق أو خطوط السكك الحديدية وكذلك من الأنهار والخوانق، فكل ضفة لنهر أو جرف cliff أو شاطئ أو حفرة كبيرة يمكن الحصول منها على عينات مهمة وقيّمة لأنماط مختلفة من الصخور. ولو كانت الصخور قد تعرضت لدرجة ما من عمليات التجوية، فإن ذلك يسهل الحصول عليها، حيث تؤدى عمليات التجوية إلى إزالة بعض المواد السطحية السائبة.

ومن الأماكن المناسبة لجمع العينات أيضا حُفَر الجس rock pits، والمحاجر. ويجب قبل دخول هذه الأماكن أخذ التصاريح اللازمة، كما يجب مراعاة الحذر عند جمع عينات من هذه الأماكن خوفا من الانهيارات الصخرية أو حدوث الانفجارات التى تجرى لتكسير كتل الصخور الكبيرة إلى كتل أصغر حجما.

وتعد الطفوح البركانية من أنسب الأماكن لدراسة الصخور البركانية، حيث تكون معظم الفجوات الغازية (اللوزيات amygdales) مبطنة بمعادن الكوارتز والكالسيت والأوجيت وبعض بلورات المعادن الأخرى.

وتوجد الصخور النارية فى أرجاء كثيرة من البلاد. ويوجد كثير من بلورات المعادن فى معظم المتدخلات النارية مثل الجرانيت والجدد القاطعة dykes والسدود الأفقية sills.

كذلك يجب النظر فى طبقات قيعان المجارى المائية stream beds ويجب ألا ننسى أن كثيرا من الصخور الموجودة فى أماكن كثيرة قد نقلت لمسافات بعيدة وأن العينات الصخرية التى توجد فى مكان بعينه، ليست من المكان نفسه الذى تكونت فيه. وتوجد الحفريات تحت ظروف مختلفة عن تلك التى توجد فيها الصخور والمعادن. ومن المعلوم أن الحفريات لا توجد فى الصخور النارية والمتحولة، بينما توجد فى الصخور الرسوبية البحرية، حيث توضعت هذه الرواسب فى ظروف مناسبة لحياة الكائنات الحية وسهلت حفظ بقاياها بعد موتها. ومن أمثلة الصخور التى توضعت فى هذه الظروف الأحجار الجيرية والطفلة وبعض أنواع الأحجار الرملية. ومن المستحب البحث فى المناطق التى لم تتأثر فيها الصخور الرسوبية البحرية بالتغيرات الحرارية أو الضغط أو التغيرات الفيزيقية والكيميائية. كذلك يوصى بالبحث عن أماكن تعرضت فيها الصخور لعمليات التجوية، فإن هذا سيساعد كثيرا على التقاط الحفريات من الصخور المحتوية عليها.

وتعد المحاجر من الأماكن المناسبة للبحث وجمع العينات. ويجب التنبيه مرة أخرى، بأنه لابد من أخذ التصاريح قبل دخول هذه الأماكن. وفى العادة تكون مكاشف الصخور فى المحاجر قشيبة.

ومن المحتمل أن تكون قد اعترتها عوامل التجوية إلى حد ما. وتوجد العظام والغابات المتحجرة فى حفر pits الرمل والجراول المرتبطة بالشرفات النهرية.

ويجب بذل عناية خاصة بالخنادق المقطوعة والجروف والشواطئ، حيث تكون هذه الصخور المنكشفة فى هذه الأماكن لا تزال محتفظة بوضعها الأصلى وتعرضت لبعض عمليات التجوية.

ومن الأماكن المناسبة للتأمل وجمع العينات، طبقات مجارى الأنهار stream beds، حيث تتعرض باستمرار لعمليات التحات مما يؤدى إلى انكشاف طبقات جديدة عاما بعد عام. ولو كانت هناك مناجم فحم مهجورة بالقرب من الأماكن

التى يبحث فيها عن عينات، فيجب مراجعة الصخور التى توجد حول فتحات المنجم وبخاصة فتحات التهوية. وقد ينتج عن الفحص الدقيق لبقايا عمليات الحفر العثور على عينات من النباتات المتحفرة التى حفظت جيدا.

وفى بعض الأحيان تحفر بعض الآبار للبحث عن النفط أو الفحم، وقد تترك بعض الشركات المسئولة عن الحفر بعض المواد التى استخرجت من تحت السطح إلى السطح وهذه العينات من الممكن أن تستخدم لمعرفة التراكيب والصخور التحتسطحية.

٢-الأدوات Equipments

تعد هواية جمع الصخور من الهوايات غير المكلفة نسبيا، إذإأنها تتطلب أدوات وإمكانيات بسيطة للغاية. لكن هناك أدوات لا بد من توافرها حتى فى أقل الأحوال، ومن أهمها:

• المطرقة Hammer

تعد المطرقة الأداة الأساسية عند جامع الصخور، وفى معظم الحالات تكفى مطرقة من الحجم المتوسط، لكن الخبرة فى مجال جمع الصخور قد تتطلب الحاجة إلى مطرقة الجيولوجى geologist's hammer والتى تسمى أيضا ملقاط أخصائى المعادن geologist's picks أو ملقاط المستكشف prospector. ويوجد نوعان من المطارق التى تستخدم فى هذه الأمور، النوع الأول تكون له رأس مربعة عند طرف بينما الطرف الآخر يكون مدببا. أما النوع الثانى فيشبه المطرقة التى يستخدمها الحجارون أو البناؤون، حيث يكون للمطرقة «أزميل» بدلا من الطرف المدبب. وتفيد الرأس المربع للمطرقة فى تكسير الصخور وترقيقها وكذلك فى تقسيم العينات الصخرية كبيرة الحجم، بينما يستخدم الأزميل أو الرأس المدبب فى عمليات الحفر وفصل الصخور الرخوة.

• أكياس الجمع Collecting Bags

تتطلب عملية جمع المعادن والصخور أنواعا معينة من الأكياس، وأدوات ولوازم أخرى، مثل حقيبة الظهر knapsack أو ما شابه ذلك من الأكياس المصنوعة من الجلد.

• الأزميل Chisel

حينما يراد ترقيق العينات الصخرية (تقطيعها فى رقاقات) أو نزعها من الصخور المحيطة، يلزم فى هذه الحالات زوج من الأزاميل. ويستخدم فى هذا الصدد نوعان منها؛ حجم الأول نصف بوصة والأزميل الآخر حجمه بوصة واحدة. كذلك يستخدم مثقاب حاد فى نزع العينات الصغيرة وفصلها من الصخور الرخوة.

• مواد التغليف Warpping Materials

هناك بعض العينات الجيولوچية القصيفة، وهذه يجب تناولها بعناية خاصة. وعادة يجب وضع بعض الصحف القديمة فى حقيبة جمع العينات، حيث توضع كل عينة وتلف وحدها كما جمعت. كذلك يجب مراعاة حماية العينات من الكسر أو الإتلاف. وفى حالة العينات القصيفة جدا، فيجب الاحتفاظ بأوراق ناعمة وبعض القطن cotton اللازم لتغليف العينات الجيولوچية الهشة. كما أنه من المفيد استخدام صناديق صغيرة من الكرتون أو الصفيح للحفاظ على العينات.

• الخريطة والنوتة والقلم الرصاص Map , Notebook and Pencil

من الأهمية بمكان، أن يكون مع جامع العينات أدوات لتسجيل مكان وجود العينات، حيث إنه من السهل نسيان المكان الذى جمعت منه العينات، ويجب أن لا يعتمد الإنسان على ذاكرته فقط، بل يجب أن تكون معه نوتة صغيرة الحجم غير غالية الثمن وسهلة الحمل فى الحقل. وبالنسبة إلى الخرائط، فإن أكثر الخرائط فائدة فى الحقل، هى الخرائط التى تصدرها هيئة المساحة للمنطقة بمقياس رسم ميل (١ كيلو متر = ١٠٠٠ متر = ٠,٦٢١٤ ميل) إلى بوصة (١ سم = ٠,٣٩٣٧ بوصة)، وإذا كانت هناك حاجة إلى عمل تفصيلى فتصبح الخريطة التى مقياس رسمها ٦ بوصات مفيدة فى هذا الصدد.

• نظارات التكبير Magnifing Glasses

إذا كانت العينات المراد دراستها صغيرة الحجم، فإن العدسة البسيطة والنظارة المكبرة تصبح مفيدة فى مثل هذه الحالة. وقد أثبتت هذه الأدوات فائدتها عند

فحص المكتنفات المعدنية الصغيرة الموجودة فى عينات صخرية كبيرة. وتستخدم عدسة مكبرة (تكبيرها ١٠ X) فى معظم الحالات، وهناك نماذج عديدة من هذه العدسات رخيصة ومفيدة فى الوقت نفسه.

• الأكياس الورقية وأكياس القماش Paper,Polythene and Cloth bags

تستخدم أكياس ذات حجوم مختلفة لحفظ الحفريات وعينات الصخور. ويجب أن يكتب اسم المنطقة على الكيس مباشرة أو على ملصق Label يوضع داخل الكيس مع العينة، وتكتب البيانات التى توضح المكان الذى جمعت منه العينة على الكيس من الخارج، وفى بعض الحالات - ولزيادة التأكيد - فقد يوضع فى داخل الكيس ورقة مدون عليها البيانات نفسها الموجودة على الكيس من الخارج.

• أدوات مفيدة أخرى Other Useful Items

الأدوات التى ذكرت فيما سبق هى الأهم من ناحية الحاجة إليها عند جمع العينات، وتكوِّن الأدوات الأساسية اللازمة. أما هواة جمع الصخور الجادين فيضعون فى الحقيبة الميدانية بعض الأدوات الإضافية مما يجعل عملهم يقرب فى دقته من عمل المحترفين. وتتمثل هذه الأدوات الإضافية فى خريطة چيولوچية للمنطقة، كذلك لا بد أن يستشير مؤسسة العلوم الچيولوچية ليتأكد من وجود خرائط منشورة للمنطقة التى يجمع منها العينات، وعليه فلا بد أن يطلع على قائمة المنشورات والمطبوعات للمنطقة. ويمكن الحصول على هذه الخرائط من المكتبات والمتاحف والمدارس، وعند الزملاء أيضا. ويمكن شراء هذه الخرائط من المكتبات. كذلك يقتنى الهاوى الجاد بوصلة لكى يحدد بدقة مكان منطقة جمع العينات، ويتمكن من قياس اتجاه الميل، وكذلك كلينومتر؛ وهو جهاز بسيط يستخدم لقياس زاوية الميل.

وهناك حاجة أيضا إلى شرائط لاصقة لتكتب عليها البيانات المتاحة عن المنطقة وتلصق مباشرة على العينة. وتستخدم بطاقات من الورق (٣ × ٥ بوصة تقريبا) حيث يكتب على كل بطاقة البيانات بدقة لتحديد محتوى كل كيس. ويستخدم سكينا للجيب (مطواة) لاختبار صلادة الصخور والمعادن. كذلك تستخدم المطواة لاستخراج الحفريات أو بلورات المعادن من الصخور الرخوة دون أن تتهشم البلورة أو الحفرية.

وتحتاج بعض الصخور (مثل الأحجار الجيرية) عند التعرف عليها إلى اختبارها، بواسطة حمض الهدروكلوريك الذى يمكن شراؤه من عند تجار الكيماويات؛ ويجب تداول الحمض بعناية، ويوضع حمض الهدروكلوريك المخفف فى زجاجة تسكب الحمض نقطة بنقطة. وتكفى نقطة واحدة من الحمض لسكبها على العينة الصخرية لمعرفة ما إذا كانت العينة جيرية أم لا، إذ يحدث فوران لو كانت العينة جيرية (ويجب أن يلصق على زجاجة الحمض كلمة سم Poison، وتوضع بعيداً عن متناول الأطفال) ولو سقط الحمض على ملابسك أو على جلدك، فيجب غسل الملابس والجلد فى الحال بالماء الجارى.

٣- كيف تجمع العينات؟ How to Collect

طالما استقر الرأى على منطقة ما لجمع العينات منها، فلا بد أن تفحص الأرض بعناية فائقة. ولا بد أن يبحث عن الكسر الصخرية التى تحتوى قطعاً من المعادن أو الحفريات. وإذا كانت العينة قد تفككت بفعل عمليات التجوية، فهنا يمكن التقاطها بسهولة ووضعها فى كيس العينات. وغالبا ما يستدعى الأمر استخدام المطرقة لالتقاط العينة من الصخور المحيطة بعد إخلاء مكان العينة بالمطرقة. وبالنسبة إلى العينات الأصغر حجما والتى تتطلب عناية خاصة لالتقاطها فيستعمل لذلك الأزميل، لإزالة المواد الرابطة matrix بالتدريج ثم التقاط العينة وتغليفها ووضعها فى كيس العينات.

وقبل ترك المنطقة التى جمعت منها العينات، لا بد من تسجيل وضعها الجغرافى فى كراسة التدوين الحقلية. ويجب توقيع المنطقة على الخريطة وتسجيل ذلك فى كراسة التدوين، فربما تحتاج للعودة إلى المكان نفسه مرة أخرى.

ولو كانت هناك خرائط طوبوغرافية متاحة، فينصح بوضع مكان المنطقة بالتحديد على الخريطة. ويلى ذلك تسجيل البيانات الجغرافية على بطاقة label ووضع السجلات فى حقيبة الظهر فى مكانها المخصص لذلك. ويميل كثير من هواة جمع العينات إلى تدوين المنطقة على كل كيس من الخارج. وبالنسبة إلى المواد التى تجمع من أماكن مختلفة منفصل بعضها عن بعض، فهذه تحفظ فى أكياس مستقلة من القماش أو الورق. ويجب العناية بدقة بوضع البطاقة مع العينة

فى مكان واحد وكيس واحد، ويجب أن تتذكر دائما أن العينة بدون تحديد مكان جمعها بدقة يقلل من قيمتها كثيرا.

ومن أفضل الطرائق لتعلم كيفية جمع العينات هو الاشتراك فى رحلة چيولوچية منظمة إلى المتاحف أو النوادى التى تهتم بالمعادن والصخور، فهناك سوف ترى وتعمل مع مجموعة من المهتمين بجمع العينات؛ لدرايتهم وإلمامهم بقواعد وأسس جمع العينات. وتؤدى مثل هذه الرحلات إلى التعلم الميدانى الصحيح، وكذلك إلى تبادل عينات المعادن والصخور والحفريات، مما يساعد الجامعين على تنظيم عيناتهم وإعدادها فى مجموعات مرتبة.

APPENDIX C "ملحق ج"

موجز لمملكتي النبات والحيوان

SYNOPSIS OF PLANT AND ANIMAL KINGDOMS

Kingdom Plantae (Plants)	**المملكة النباتية (النباتات)**
Sub-Kingdom Thallophyta - Plants not forming an embryo.	**تحت مملكة النباتات الثالوسية-النباتات اللاجنينية**
Division Algae - diatoms , algae , and seaweeds.	**قسم الطحالب-الدياتومات، الطحالب والأعشاب البحرية**
Division Fungi-bacteria and fungi.	**قسم الفطريات-البكتيريا والفطريات**
Sub-Kingdom Embryophyta - plants forming an embryo.	**تحت مملكة النباتات الجنينية-النباتات المكونة للأجنّة**
Division Bryophyta - mosses and liverworts.	**قسم الحزازيات-الحزازيات الكبدية القائمة والمنبطحة**
Division Tracheophyta - plants with vascular tissue.	**قسم النباتات الوعائية-نباتات لها انسجة وعائية**
Subdivision Psilopsida - simple rootless plants.	**تحت قسم بسيلوبسيدا-نباتات لاجذرية بسيطة**
Subdivision Lycopsida - club mosses and scale trees.	**تحت قسم ليكوبسيدا-حزازيات صولجانية وأشجار ذات حراشيف**
Subdivision Sphenopsida -horsetails and their relatives.	**تحت قسم سيفينوبسيدا-ذيول الحصان واقاربها**
Subdivision Pteropsida - ferns , cycads , conifers , and flowering plants.	**تحت قسم بتيروبسيدا-سراخس ونباتات سيكادية وصنوبريات ونباتات مزهرة**
Class Filicineae - ferns.	**طائفة فيليسينات - السراخس**
Class Gymnospermae - cone - bearing plants.	**طائفة عاريات البذور - نباتات حاملة للمخاريط**
Order Pteridospermales - seed ferns.	**رتبة بتيريدوسبرمات - سراخس بذرية**
Order Cycadeoidales (Bennettitales) - cycadeoids.	**رتبة بنيتتالات - نباتات شبه سيكادية**

Order Cycadales - cycads.	رتبة سيكادات - نباتات سيكادية
Order Cordaitales - the early conifers.	رتبة كورديتالات - المخروطيات المبكرة
Order Ginkgoales- ginkgos or maidenhair trees.	رتبة جنجولات - نباتات جنجوية او أشجار شعر البنات
Order Coniferales - pines , junipers , and firs.	رتبة المخروطيات - صنوبرية، عرعرية وتنوم
Class Angiospermae - flowering plants and hardwoods.	طائفة كاسيات البذور - نباتات زهرية وصلبة الخشب
Subclass Dicotyledoneae - oaks , roses , maples.	طويئفة ذات الفلقتين - بلوط، ورود، آسر
Subclass Monocotyledoneae - grasses , lilies , palms.	طويئفة ذات الفلقة الواحدة - حشائش - زنبقانيات، نخيل
Kingdom Animalia (Animals).	**المملكة الحيوانية (الحيوانات)**
Phylum Protozoa - foraminifers , radiolarians.	شعبة الأوليات - المثقبات، الشعاعيات
Class Sarcodina - one - celled animals with pseudopodia.	طائفة اللحميات - حيوانات وحيدة الخلية ذات اقدام كاذبة
Order Foraminifera - foraminifers or " forams ".	رتبة المثقبات - الفورامنيفرا
Order Radiolaria - radiolarians.	رتبة الشعاعيات - الراديولاريا
Phylum Porifera - sponges.	شعبة المساميات - الإسفنج
Phylum Coelenterata - corals , jellyfishes , hydroids.	شعبة الجوفمعويات - المراجين - الأسماك الهلامية، الهدريات
Class Hydrozoa - hydroids.	طائفة الحيوانات الهدرية - الهدريات
Class Scyphozoa - jellyfishes.	طائفة الحيوانات الفنجانية - الأسماك الهلامية (قناديل البحر)
Class Anthozoa - corals and sea anemones.	طائفة الأنثوزوات او الزهريات - المراجين وحيوانات البحر

Phylum Platyhelminthes - flatworms.	**شعبة الديدان المفلطحة**
Phylum Nemathelminthes - roundworms.	**شعبة الديدان الأسطوانية (الخيطيات)**
Phylum Trochelminthes - rotifers.	**شعبة الحزازانيات- الدوارات العجليات**
Phylum Bryozoa - moss animals " or " sea mats ".	**شعبة البريوزوا-الحيوانات الطحلبية-حصير البحر**
Phylum Brachiopoda - lamp shells " or brachiopods.	**شعبة المسرجانيات-الأصداف المصباحية**
Class Inarticulata - brachiopods with unhinged valves.	**طائفة المسرجانيات غير المشقة**
Class Articulata brachiopods with hinged valves.	**طائفة المسرجانيات المشقة**
Phylum Mollusca - molluscs : clams , snails, squids.	**شعبة الرخويات-المحاريات -القواقع-السكويدات (الحبارات)**
Class Amphineura - chitons or " sea - mice " or " coat - of mail " shells.	**طائفة مزدوجة العصب-الكيتونات-فار البحر**
Class Scaphopoda - "tusk - shells ".	**طائفة زورقية الأقدام-الأصداف السنية (النابية) كبيرة الأسنان**
Class Pelecypoda - clams , mussels , oysters , and scallops.	**طائفة المحاريات-المحاريات-الأويستر-الموسيلات**
Class Gastropoda - snails , slugs , and conches.	**طائفة البطنقدميات-القواقع-البزاقات-الأصداف**
Class Cephalopoda- squids, octopuses,the pearly nautilus, and the extinct ammonoids.	**طائفة الرأسقدميات-الحبارات - الأخطبوط-النوتيلات اللؤلؤية-الأمونويدات المنقرضة**
Subclass Nautiloidea - nautiloids.	**طويئفة النوتيلويدات**

Subclass Ammonoidea - ammonites.	طويئفة الأمونويدات
Subclass Coleoidea (Dibranchia)- squids, octopuses,cuttlefish, and the extinct belemnoids.	طويئفة ثنائية الخياشيم-الحبّار-البليمنويدات المنقرضة
Order Belemnoidea (Belemnitida) - belemnites.	رتبة البليمنويدات
Phylum Annelida - earthworms , leeches.	شعبة الحلقيات-ديدان الأرض-العلقيات
Phylum Arthropoda - crabs , shrimps , insects , spiders , ostracods , and the extinct trilobites and eurypterids.	شعبة المفصليات-السرطانات-الروبيان (الجمبرى)-الحشرات-العنكبوت-الأستراكودا-ثلاثية الفصوص ومتسعة الأجنحة المنقرضة
Sub- phylum Trilobitomorpha - extinct trilobite - like arthropods	شعيبة الترايلوبيتات (ثلاثية الفصوص)-مثل ثلاثية الفصوص المنقرضة شبيهة المفصليات
Class Trilobita - trilobiles.	طائفة ترايلوبيتا-ثلاثية الفصوص
Sub- phylum Chelicerata (*) - scorpions , spiders, mites, "horseshoe" or " King crabs ", and the extinct eurypterids.	شعيبة الكلابيات-العقارب-العنكبوت-ملك السرطان (الحلم)
Class Merostomata - "King crabs " and eurypterids.	طائفة فخذية الفم-ملك السرطان-متسعة الأجنحة
Order Eurypterida - eurypterids.	رتبة متسعة الأجنحة
Class Arachnida - scorpions , spiders and ticks.	طائفة العنكبيات-العقارب-العنكبوت والحلم
Sub- phylum Crustacea - crayfish , crabs , lobsters.	شعيبة القشريات-السرطانات-اللوبستر
Class Ostracoda - ostracodes.	طائفة الأستراكودا

*** The subphyla of Arthropoda are considered to be classes by some authorities.**

بعض علماء التصنيف يطمون شعيبة المفصليات على انها طائفة

Sub- phylum Insecta - insects.	شعيبة الحشرات
Phylum Echinodermata - "sea lilies" sea - cucumbers , starfishes , sea - urchins.	شعيبة الجلد شوكيات-زنابق البحر-خيار البحر-نجوم البحر
.Sub- phylum Pelmatozoa - cystoids , blastoids , and crinoids	شعيبة الحيوانات الريشية-الحوصليات-البرعميات-الزنابق
Class Cystoidea - cystoids .	طائفة الحوصليات
Class Blastoidea - blastoids or " sea buds ".	طائفة البرعميات-براعم البحر
.Class Crinoidea "sea lilies " and " feather stars "	طائفة الزنبقانيات-زنابق البحر
Sub- phylum Eleutherozoa - sea -cucumbers , starfishes , sea - urchins .	شعيبة المتناظرات-خيار البحر-أسماك النجوم
Class Asteroidea - starfishes.	طائفة النجمانيات-النجميات -النجوم الهشة
Subclass stellexoidea - starfishes and " brittle .stars "	طويئفة النجميات
Subclass Ophiuroidea " brittle stars" and " serpent stars".	طويئفة الثعبانيات-النجوم الهشة-ثعابين النجوم
Class Echinoidea - sea - urchins , heart - urchins , and sand dollars.	طائفة القنفذانيات-قنافذ البحر-القنافذ القلبية
Class Holothuroidea - sea cucumbers.	طائفة الخياريات-خيار البحر
Phylum Chordata - graptolites , fish , amphibians , reptiles , birds , and mammals.	شعبة الحبليات-الجرابتوليتات-الأسماك-البرمائيات-الزواحف-الطيور-الثدييات
Sub- phylum Hemichordata - chordates with pre - oral notochord.	شعيبة نصف الحبليات - حبليات بحبل ظهري قبل فمي

Class Graptolithina (Graptozoa) - extinct graptolites .	طائفة الجرابتوليتات -الجرابتوليتات المنقرضة
Sub- phylum Vertebrata - vertebrates :animals with a vertebral column.	شعيبة الفقاريات-الفقاريات-الحيوانات ذات العمود الفقرى
Superclass Pisces - fishes.	فوق طائفة الأسماك-الأسماك
Class Agnatha - lampreys and hagfishes .	طائفة عديمة الفكوك-سمك الجلكا-سمك الجريث المفترس
Class Placodermi - placoderms.	طائفة الأسماك المدرعة
Class Chondrichthyes - sharks , rays , and skates .	طائفة الأسماك الغضروفية-سمك القرش-سمك الشفنين-السمك المفلطح
Class Osteichthyes - bony fishes : perch , catfish , trout , eel .	طائفة الأسماك العظمية-الأسماك العظمية-قط السمك-ثعبان السمك
Superclass Tetrapoda - amphibians , reptiles , birds , and mammals.	فوق طائفة رباعيات الأقدام-البرمائيات-الزواحف-الطيور-الثدييات
Class Amphibia - salamanders , frogs , toads .	طائفة البرمائيات-السلمندر-الضفادع
Class Reptilia - lizards , snakes , turtles , crocodiles , and the extinct dinosaurs , plesiosaurs , ichthyosaurs , mosasaurs , and ptero - saurs .	طائفة الزواحف-السحالي-الثعابين-التماسيح-الدينوصورات المنقرضة
Order Cotylosauria - cotylosaurs.	رتبة الفطاليات كأسية الشكل - العَظَايا (الزواحف)
Order Chelonia - turtes and tortoises.	رتبة السلاحف - السلاحف
Order Pelycosauria - extinct fin or sail - back reptiles.	رتبة الزواحف الشراعية-الزواحف ذوات الزعانف المنقرضة
Order Therapsida - therapsids , or theromorphs.	رتبة ثيرابسيدا

Order Ichthyosauria - ichthyosaurs.	**رتبة الزواحف السمكية-إكثيصور**
Order Sauropterygia - extinct marine reptiles with paddle - like flippers.	**رتبة الزواحف البحرية المنقرضة ذات المجاديف**
Suborder Plesiosauria - Plesiosaurs.	**رتيبة بليسيوصوريا-البليسيوصورات**
Order Squamata - lizards and snakes.	**رتبة الحرشفيات - السحالى والثعابين**
Order Thecodontia - thecondonts.	**رتبة كيسيات الأسنان**
Suborder Phytosauria - phytosaurs.	**رتيبة فيتوصوريا-الفيتوصور**
Order Crocodilia - crocodiles , alligators , and gavials .	**رتبة التمساحيات-التماسيح، الُيجاتور (تمساح اميركا) والغريال**
Order Pterosauria - flying reptiles.	**رتبة الزواحف الطائرة**
Order Saurischia - lizard - hipped dinosaurs.	**رتبة الدينوصورات شبيهة السحالى**
Suborder Theropoda - bipedal carnivorous dinosaurs.	**رتيبة الدينوصورات آكا ? اللحم ذات القدمين**
Suborder Sauropoda - quadrupedal , primarily herbivorous dinosaurs.	**رتيبة الدينوصورات آكلة العشب ذوات الأربع**
Order Ornithischia - bird - hipped dinosaurs.	**رتبة الدينوصورات شبيهة الطيور**
Suborder Ornithopoda - duck - billed dinosaurs.	**رتيبة الدينوصورات ذات المنقار**
Suborder Stegosauria - plated dinosaurs.	**رتيبة الدينوصورات المسطحة**
Suborder Ankylosauria - armoured dinosaurs.	**رتيبة الدينوصورات المدرعة**
Suborder Ceratopsia - horned dinosaurs.	**رتيبة الدينوصورات المقرنة**
Class Aves - birds.	**طائفة الطيور**

Class Mammalia - mammals : opossum , bats , rodents , dogs , whale , horse , man.	طائفة الثدييات - الأبسوم - الخفاش - القوارض - الكلب - الحوت - الحصان - الإنسان
Subclass Allotheria - multituberculates.	طويئفة الثدييات عديدة النتوءات
Order Multituberculata - small primitive-rodent - like mammals.	رتبة عديدة النتوءات - قوارض بدائية تشبه الثدييات
Subclass Theria - most of the living mammals.	طويئفة المشيميات - معظم الحيوانات الموجودة
Order Insectivora - insectivores.	رتبة آكلات الحشرات
Order Primates - lemurs , monkeys , apes , man.	رتبة الرئيسيات - الليمور - النسانيس، القرود والإنسان
Order Edentata - tree sloths , armadillos.	رتبة عديمة الأسنان-حيوان الكسلان الشجرى - المدرع
Order Carnivora - flesh- eating mammals : dogs , cats , seals.	رتبة الثدييات آكلات اللحوم - الكلاب - القطط - الفقمة
Order Dinocerata - extinct uitatheres.	رتبة دينوسيراتا-الأنواع المنقرضة
Order Proboscidea - elephants , extinct mastodonts , mammoths . and woolly.......	رتبة الخرطوميات-الأفيال-الماستودونت المنقرض والماموث
Order Perissodactyla - horses , rhinoceroses , extinct titano theres.	رتبة فردية الحافر-الحصان - وحيد القرن - التيتانو ثيرس المنقرض
Order Artiodactyla - pigs , deer , camels , extinct entelodonts.	رتبة فردية الحافر - الخنزير - الغزال - الجمل - الأيايل المنقرضة

معجم المصطلحات الچيولوچية
المستعملة فى الكتاب

GLOSSARY OF USED TERMS

- A -

a a **أ أ**

مـصطلح بلغـة أهل جـزر هاواى لوصف انسـيـابات اللابة البازلتية الكتلية التى تتميز بأسطح خشنة مجمدة.

abrasion **سَحْج**

عملية البرى بفعل الاحتكاك

acicular **إبرى**

شبيه بالإبرة.

acidic rocks **صخور حمضية**

مصطلح عام يستخدم للدلالة على الصخور النارية المحتوية على الكوارتز، مثل الجرانيت.

admantine **ألماسى**

بريق يشبه بريق الألماس.

aeolian **ريحى**

وصف للدلالة على المواد المترسبة بالرياح التى جلبت جسيماتها من مكان ما، ومثالها رواسب الطيس loess وكثبان الرمال.

alage **طحالب**

مجموعة غير متجانسة من الكائنات الحية حقيقيات النوى، وحيدة الخلية أو عديدة الخلايا أو تكوّن مستعمرات وتحيا عادة بالبناء الضوئى.

---

* المصطلحات المستخدمة فى هذا الكتاب هى التى أقرها ووافق عليها مجمع اللغة العربية بالقاهرة، وكذلك المؤتمرات المجمعية السنوية التى تضم أعضاء من مجامع اللغة العربية على مستوى العالم العربى.

مروحة طميية **alluvial fan**

راسب يتوضع من مجرى ينساب فى واد جبلى منحدر ويدخل فى أرض مستوية نسبيا.

طمى **alluvium**

راسب يتوضع من المياه الجارية.

مثلجة ألبية **Alpine glacier**

نهر من الجليد يشغل منخفضا فى سلسلة جبلية، ويتحرك فى اتجاه مستوى أكثر انخفاضا ؛ وتسمى أيضا مثلجة جبلية أو واديا مثلجيا

ارتفـــاع **altitude**

ارتفاع فوق مستوى سطح البحر.

كــهــرمــان **amber**

بقايا نباتية متحفرة (راتينجات)، صلبة صفراء شبه شفافة.

أمـونيت **ammonite**

أمونويد من الرأسقدميات له خطوط درز متعرجة ومعقدة، ويتبع تحت طائفة أمونويديا **Ammonoidea**.

عديم التبلور **amorphous**

مادة ليست لها بنية جزيئية محددة ؛ أى أنها عديمة التبلور.

برمائى **amphibian**

حيوان يعيش فى الماء وعلى البر، مثل الضفادع والسلمندر.

لوزات **amygdales**

فجوات أو فراغات مملوءة بالغاز توجد فى الصخور النارية، وقد تمتلئ بمعادن ثانوية.

تشريح **anatomy**

البنية التى يتكون منها الكائن الحى، أو أجزاؤها.

لا توافق زاوىّ **angular unconformity**

انظر: لا توافق **unconformity**.

أنهيدريت **anhydrite**

كبريتات الكالسيوم اللامائية ($CaSO_4$).

أمامى **anterior**

يوجد فى المقدمة أو من أمام.

أنثراسيت **anthracite**

فحم صلب نقى جدا.

أنثروبولوجيا **anthropology**

علم دراسة الإنسان، وبخاصة طبيعته الفيزيقية وكذلك الأساليب التى أدت إلى تطوره.

حنيرة **anticline**

طية محدبة إلى أعلى فى الصخور.

حنيرة مركبة **anticlinorium**

قبة حنيرية عريضة توجد فيها صدوع وطيات صغيرة.

فُتْحة (فُرْجة) **aperture**

فتحة الصدفة أو الخلية وما شابه ذلك.

نسيج دقيق **aphanitic**

وصف النسيج الدقيق التى لا يمكن رؤية البلورات المكونة لها بالعين المجردة فى الصخور.

مَكْمن **aquifer**

تكوين صخرى مسامى حامل للماء.

أراجـونيت **aragonite**

معدن تركيبه كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ يتبلور فى نظام المعينى القائم. ويكون المعدن فى الأصداف معتما وطباشيريا ؛ وأقل ثباتا من معدن الكالسيت.

قـديم **archaeo -**

بادئة معناها قديم، وأصل الكلمة إغريقى ***Archaios*** .

قديم.

أركيوزوى **Archaeozoic**

أقدم حقب چيولوچى معروف؛ وهو حقب ما قبل الكمبرى المبكر.

مِساحى **areal**

نسبة إلى المساحة **area** (مثل الچيولوچيا المساحية **areal geology**، وهى چيولوچية منطقة معينة).

رملى **arenaceous**

صفة للرمل تختص بالتسيج أو بصفات حجم حبيبة الرمل (٢ - ١/١٦مم).

حــاجــز **arêt**

حيد حاد يفصل بين دارتين أو وديان مثلجية.

طينى **argillaceous**

راسب حجم حبيباته أقل من ١/١٦ مم.

اصطناعيات **artefacts**

أدوات أو أشياء صنعها الإنسان.

بئر ارتوازية **artesian well**

بئر يستخرج منها الماء الموجود فى مكمن ما يعلوه طبقات غير منفذة.

معشقة **articulated**

جزآن يتصل أحدهما بالآخر بأسلوب تداخلى أو بواسطة أسنان تدخل فى تجاويف.

نجمية **asterism**

نمط يشبه النجم يوجد فى معادن معينة.

كويكب **asteroid**

أحد الأجرام الصغيرة الكثيرة التى توجد بين مدارى كوكبى المشترى والمريخ.

عديم التماثل **asymmetrical**

بنية تفتقد التماثل.

حنيرة (طية) عديمة التماثل **asymmetrical fold**

طية يميل كل طرف من طرفيها بزاوية مختلفة.

غلاف جوى **atmosphere**

الهواء الذى يحيط بالأرض.

وضع **attitude**

وضع جزء من طبقة صخرية بالنسبة إلى المستوى الأفقى

انظر: الميل **dip** والمضرب **strike**.

محور **axis**

أحد الخطوط التخيلية فى البلورة.

محور (الحنيرة) الطية **axis of fold**

خط تخيلى يمر خلال قمة الحنيرة، أو قاع القعيرة.

- B -

barchan **برخان**

كثيب رملى هلالى الشكل.

barrier beach **شاطئ حاجزى**

شاطئ رملى منخفض يفصله عن البر مستنقع أو لاجون.

basalt **بازلت**

صخر نارى دقيق التحبب قاعدى طفحى.

base level **مستوى القاعدة**

مستوى الجسم المائى الذى ينساب فيه ماء النهر.

basic rock **صخر قاعدى**

صخر نارى يحتوى على نسبة قليلة من السليكا، مثل صخر البازلت.

batholith **باثوليث**

كتلة نارية من صخر نارى متدخل، أرضيتها غير معلومة، ويزيد قطرها على أربعين ميلا.

bauxite **بوكسيت**

الخام الرئيسى للألومنيوم وتركيبه الكيميائى أكسيد الألومنيوم المائى.

bedding plane **مستوى تطبق**

السطح الفاصل بين طبقتين أو طبيقتين أو سطيحتين صخريتين منفردتين.

الأساس الصخرى **bedrock**

صخر صلب متماسك، غير مجوى، يوجد أسفل الوشاح الصخرى.

بلمنيت **belemnite**

من الرأسقدميات المنقرضة قريبة من الحبَّار **squid** الموجود حاليا.

تماثل ثنائى جانبى **bilateral symmetry**

مصطلح يطلق على نصفين لجسم ما، يتماثلان بحيث يكون أحد النصفين صورة المرآة للنصف الآخر.

تسمية ثنائية **binomial nomenclature**

نظام للتسمية العلمية للكائنات الحية يتطلب تحديد اسمين لاتينيين: اسم الجنس **generic** واسم النوع **specific** مثل ***Homo sapiens*** للإنسان.

القانون الحيوى **biogenic law**

قانون ينص على أن تاريخ تطور الكائن الحى **ontogeny** يعيد تاريخ تطور السلالة **phylogeny**.

بيوتيت **biotite**

ضرب من الميكا يوجد على هيئة بلورات دكناء (سوداء عادة).

انكسار مزدوج **birefringence**

خاصية بصرية تنشأ عن انشقاق شعاع الضوء إلى شعاعين فى بعض المعادن المتبلورة مثل معدن الكالسيت، باستثناء المعادن الأيزوتروبية.

فحم بتيومينى **bituminous coal**

فحم رخو ذو رتبة متوسطة فى سلسلة الفحم.

ضـوء أسـود **black light**

ضوء ينتج عن الإشعاع فوت البنفسجى (فوق البنفسجى).

برعمانى **blastoid**

فرد من طائفة الجلدشوكيات الجالسات، تكون الدرقة فيه على هيئة برعم، يتكون عادة من ثلاثة عشر لوحا هيكليا.

رسم تخطيطى كتلى **block diagram**

رسم تخطيطى ثلاثى الأبعاد يجمع العلاقة بين الچيولوچيا السطحية والبنية الأمامية والبنية الجانبية لمنطقة ما.

جبال كتلية **block mountains**

جبال تكونت نتيجة عمليات التصدع.

منخفضات تحاتّ **blow-out**

منخفضات حوضية الشكل، صغيرة نسبيا تكونت نتيجة عمليات التحات بالرياح.

جُلْمود **boulder**

كِسرة صخرية مستديرة تقريبا يزيد قطرها على عشر بوصات.

مسرجانيات **brachiopods**

لا فقاريات بحرية ثنائية المصراع.

ماء مَسُوس **brackish water**

خليط من المياه العذبة والمياه المِلّحة.

بَريشة **breccia**

صخر يتكون من كسر زاوية الشكل متلاحمة.

تقصف **brittleness**

قابلية المعدن للكسر بسهولة.

حزازنيات **bryozoans**

حيوانات مائية صغيرة، تعيش فى مستعمرات، تفرز هيكلا جيريا فى العادة.

- C -

كاينو **caino-**

بادئة معناها حديث، والكلمة من أصل إغريقى ***Kainos*** = **new**.

كاينوزوى **cainozoic**

أحدث أحقاب التاريخ الجيولوجى، وهو يلى حقب الحياة المتوسطة ويمتد حتى العصر الحديث.

جيرى **calcareous**

يحتوى على، أو يتكون من كربونات الكالسيوم.

كالسيت **calcite**

معدن تركيبه كربونات الكالسيوم $CaCO_3$، يتبلور فى نظام الثلاثى ويكون فى الأصداف شبه شفاف وأكثر ثباتا من معدن أراجونيت **aragonite**.

كالديرا **caldera**

منخفض كبير، حوضى الشكل، يتكون نتيجة لتحطم المخاريط البركانية.

كـأس **calyx**

المنخفض الذى يشبه الفنجان فى المراجين، ويوجد فى الجزء العلوى من الهيكل؛ وهو جزء الجسم الذى يحتوى على معظم الأجزاء الرخوة فى الجلدشوكيات الجالسات.

كمبرى **Cambrian**

أول أدوار حقب الحياة القديمة (أقدمها).

كربونى **carbonaceous**

يحتوى على الكربون.

كربونات **carbonate**

صخر أو معدن يتكون من الكربون والأكسجين وعناصر أخرى.

كـــربونى **Carboniferous**

خامس الأدوار الجيولوجية فى حقب الحياة القديمة، كما هو معروف فى أوربا. ويشمل المسيسيبى **Mississipian** والبنسلفانى **Pennsylvanian** فى أمريكا الشمالية.

تكربن **carbonization**

عملية التحفر التى يتم فيها تغير البقايا العضوية إلى كربون أو فحم.

لاحِمٌ **carnivore**

حيوان آكل للحوم.

صبةٌ **cast**

الأثر أو الطابع الذى يؤخذ من القالب **mould**.

أسمنت **cement**

مواد تربط (تلحم)جسيمات الصخور الرسوبية بعضها ببعض.

سمنتة **cementation**

ترسيب مواد معدنية بين كسر الصخور تلحمها بعضها ببعض.

سين **cene -**

لاحقة تعنى حديث، وهى مشتقة من أصل إغريقى *kainos*.

رأس **cephalon**

الجزء الأمامى الذى يكوّن الرأس من جسم الحيوان فى الترايلوبيتات.

رأسقدميات **cephalopod**

لا فقاريات بحرية لها رأس محدد جيدا، وعيون ولوامس **tentacles** حول الفم وتتبع شعبة الرخويات **mollusca** وتشمل الحبار **squid** والأخطبوط **octopus** والنوتيلات اللؤلؤية **pearly nautilus**.

سيراتيت **ceratite**

أمونويد من الرأسقدميات خط الدرز فيه سرج مستدير وفص متعرج.

طباشير **chalk**

حجر جيرى رخو لونه أبيض.

تجوية كيميائية **chemical weathering**

ضرب من التجوية ينتج عنه تغير فى التركيب الكيميائى، وتعرف أيضا باسم التحلل **decomposition**.

صوان **chert**

ضرب من السليكا متبلور مدموج شبيه بالفلنت (الظرّان).

كيتين **chitin**

مادة قرنية توجد فى الأجزاء الصلبة فى كل الحيوانات المفصلية مثل الخنافس **beetles** والسرطانات **crabs**.

كيتينى **chitinous**

يتكون من الكيتين.

كلوريت **chlorite**

معدن أخضر اللون يتبع مجموعة معادن الميكا من الناحية الكيميائية.

كروموسوم **chromosome**

فى نوى الخلايا العضوية، هى تحمل الجينات التى تقرر الصفات الموروثة. ويوجد فى كل خلية جسمية وكل زيجوت زوج من الكروموسومات، ويوجد كروموسوم واحد فى كل جاميت.

مخروط الرماد **cinder cone**

مخروط ذو جوانب منحدرة بشدة تتكون أساسا من الرماد الناشئ عن عمليات بركانية.

دارة **cirque**

منخفض كبير وعميق نوعا، بشكل المدرج **am-phitheatre** يوجد عند رأس وادٍ مثلجى.

طائفة **class**

أحد أقسام الشعبة **phylum**، وهى قسم من التصنيف الأحيائى.

صخر فتاتى **clastic rock**

صخر يتكون أساسا من كسر صخرية نقلت إلى مكان توضعها.

تشقق = تفلُّق **cleavage**

قابلية معادن معينة للانفصال فى اتجاهات خاصة فتنشأ عن ذلك أسطح ملساء نسبيا.

سهل ساحلى **coastal plain**

سهل مستو يتكون من رواسب لها ميل لطيف رسبتها الأمواج أو الأنهار، وتكون حافتها على سِيف **shore** جسم مائى كبير؛ وفى العادة يمثل جزءا منكشفا من أرضية البحر التى ارتفعت حديثا.

جوفمعوى **coelentrate**

لا فقارى يتميز بوجود تجويف جسمى خالٍ وتماثل شعاعى وخلايا لاسعة. وتتبع شعبة الجوفمعويات وتشمل الأسماك الهلامية (قناديل البحر) **jellyfishes** والمراجين **corals**.

مضيق **col**

ثُغْرة بشكل السرج توجد عبر حيد أو بين قمتين.

مُستَعْمَرى **colonial**

فى البيولوجيا: مصطلح يطلق على الطريقة التى تعيش فيها بعض اللافقاريات فى تجمعات بعضها مع بعض، ويعتمد كل منها على الآخر تقريبا، مثل مستعمرات المراجين والهدريات.

قرص جذعى **columnal**

إحدى القطع القرصية الشكل فى جذع الزنبقانيات **crinoid**.

columnar section **قطاع عـمـودى**

شكل توضـيحى يرسم بمقـيـاس محـدد ويوضح صـفـات التكاوين الصخرية برموز چيولوچية مثل سمك الطبقات وتتابع تراكمها.

columnar structure **بنية عمدانية**

بنية من قضبان متوازية توجد فى الصخور النارية.

compact **مدموج**

متماسك بشدة.

compaction **دُمُوج**

العملية التى تتصلب بها الرواسب السائبة **loose** لتتماسك مع بعضها البعض فتصبح صخرا متصلبا.

composite cone = stratovolcano **مخروط مركب = بركان طباقى**

مخروط بركانى يتكون من طبقات متبادلة من اللابة والرماد البركانى.

concentric **متـمـركـز**

بمعنى أن له مـركـزا مـشـتـركـا،مثل الصـدفـة التى توجـد فيهاعلامات توازى حافتها.

conchoidal **محارى**

نوع من المكسر **fracture** فى المعادن. يكون لسطح المعدن عند كسره شكلا مقعرا منحنى مشابها لمصراع واحد من صدفة ثنائية المصراع. ويعد الزجاج من الأمثلة الممتازة التى توضح المكسر المحارى.

concretion **درنة صـخـريـة**

تجمع من الكتل الحبيبية أو غير المنتظمة، يوجد فى الصخور الرسوبية، ويترسب حول نواة مركزية عادة قد تكون حفرية فى أغلب الأحوال.

كنجلوميرات **conglomerate**

صخر ينشأ عن دموج الجرول **gravel**، وتكون المكونات الصخرية والكسر المعدنية ذات حجوم وتراكيب متباينة.

صنوبريات **conifers**

شجر أو شجيرات تحمل مخاريط **cones**.

ماء حبيس **connate water**

الماء المحصور فى الصخر الرسوبى عند زمن تكونه.

كونودونت **conodont**

حفريات دقيقة تشبه الأسنان توجد فى صخور معينة من حقب الحياة القديمة، أصلها غير معروف بالضبط، لكنها ربما تكون أجزاء من بعض أنواع الأسماك المنقرضة.

تَصَلُّب **consolidation**

العملية التى يتغير فيها الراسب من الحالة السائبة إلى كتلة متصلبة.

سطح تماس **contact**

السطح الذى يوضح الاتصال بين جسمين صخريين.

تحول بالتماس **contact metamorphism**

تحول ينشأ نتيجة تدخل مواد من جسم نارى فى الصخور أو بالقرب من حدود الصخور فى منطقة ما.

انجراف قارى **continental drift**

نظرية تقول إن القارات كانت جزءا واحدا هو قارة جندوانا القديمة التى انقسمت إلى أجزاء منفصلة انجرف بعضها عن بعض.

رف قــارى **continental shelf**

أرضية المحيط الضحلة نسبيا التى تحد كتلة أرضية قارية.

continental slope — **منحدر قارى**

الانحدار الشديد بين حافة الرف القارى وأغوار المحيط.

contour interval — **فاصل كنتورى**

الفرق فى الارتفاع بين خطين كنتوريين متتاليين.

contour line — **خط كنتور**

خط يصل بين نقط ذات ارتفاع واحد فوق مستوى سطح البحر.

coprolite — **كوبروليت (نجو صخرى أو بقايا متحفرة)**

إخراج تفرزه الحيوانات ثم يتحفر.

coquina — **كوكينا**

حجر جيرى مسامى غليظ التحبب يتكون أساسا من مواد صدفية متكسرة.

corals — **مرجانيات**

لا فقاريات بحرية تسكن القاع، وتفرز هياكل صُلبة من مواد جيرية وتتبع طائفة الأنثوزوات (الزهريات) التى تتبع شعبة الجوفمعويات.

corallite — **مرجانة**

هيكل يتكون بفعل فرد واحد من حيوان المرجان، وقد يوجد بمفرده أو يكون جزءا من مستعمرة.

corallum — **مرجان**

هيكل كامل لمستعمرة مرجانية.

core — **نواة**

أعمق نطاق فى الأرض وهو أعلاها كثافة.

correlation — **مضاهاة**

عملية لبيان أن طبقات معينة تنتمى إلى طبقات أخرى أوتكافؤها استراتجرافيا.

كـــورنـدم corundum

معدن تركيبه الكيميائى أكسيد الألومنيوم؛ وهو ثانى أشد المعادن صلابة.

فـــوهـة crater

منخفض قِمَعِيُّ الشكل يوجد فى قمة المخروط البركانى.

زحف creep

حركة بطيئة إلى أسفل تحدث للتربة والصخور السطحية.

طبـــاشـــيـــرى Cretaceous

أحدث أدوار حقب الحياة المتوسطة.

شق جليـــــدى crevasse

شق عميق أو شدخ يوجد فى مثلجة.

علاقات القطع المتصالب cross-cutting relationships

قانون يوضح أن الصخر القاطع يكون أحدث عمرا من الصخر المقطوع.

قشرة crust

النطاق أو الغلاف الخارجى للأرض.

خَفِيُّ التبلور cryptocrystalline

صفة لمادة تكون بلوراتها دقيقة جدا أو ميكروسكوبية.

بلُّورة crystal

شكل هندسى منتظم عديد الأوجه، تحده أسطح ملساء طبيعية تتكون فى ظروف مناسبة. وللبلورات تماثل خارجى محدد، وبنية داخلية ترتبط بالترتيب الذرى.

متبلور crystalline

مادة لها بنية داخلية محددة وليست عديمة التبلور.

علم البلورات **crystallography**

علم يدرس بنية البلورات وتصنيفها وخصائصها الفيزيقية والكيميائية.

تماثل بلورى **crystal Symmetry**

يقصد به العدد والوضع والترتيب المتوازن للأوجة البلورية بالنسبة إلى المحاور البلورية أو المستويات البلورية أو اتجاهاتها.

مكعب **cube**

شكل بلورى فى النظام المتساوى الأبعاد (المكعبى)، يتكون من ستة أوجه، كل منها يتعامد على محور بلورى من المحاور الثلاثة للمكعب.

مكعبى **cubic**

له الشكل العام للمكعب، وتسمى البلورات المتساوية الأبعاد باسم النظام المكعبى.

كيسيات **cystoids**

نوع من الجلدشوكيات ذات الساق المنقرضة، يتكون الكأس **calyx** فيها من عدد من الألواح الموجودة بغير ترتيب منظم ؛ وهذا النوع ينتمى إلى طائفة الكيسيات.

- D -

تحلل **decomposition**

اضمحلال كيميائى أو تحلل للصخر.

انظر: التجوية الكيميائية

تذرية **deflation**

إزالة الأجزاء الصخرية السائبة أو التربة بواسطة الرياح.

تحرف **deformation**

أى تغير يطرأ على الشكل الأصلى للصخور، مثل الطى والتصدع.

دلتا **delta**

شكل مثلثى تقريبا من الرواسب المستوية تكونت نتيجة لدخول النهر فى جسم مائى ساكن.

شجيرى (متشجر) **dendrite**

شكل يشبه تفرع الشجرة ينتج على المعادن والصخور أو فى داخلها، ويتكون عادة نتيجة لتبلور أكاسيد المنجنيز.

شجيرى **dendritic**

ذو شكل متفرع أو بشكل الشجرة.

تسنُّن **dentition**

نظام أو ترتيب الأسنان الخاص بأى حيوان.

راسب **deposit**

أى شىء يترسب، مثل توضع راسب من مجرى مائى.

ترسيب **deposition**

عملية ترسيب أو توضُّع مواد صخرية من وسط مائع كالهواء والماء.

تجفيف **desiccation**

فقدان الماء من الرواسب.

فتاتى **detrital**

متكون من كسارة معدنية أو صخرية.

صخر فتاتى **detrital rock**

صخر رسوبى مستمد من مواد فتاتية لصخور أخرى ؛ ومثال ذلك الرمل والطين والجرول.

فتات **detritus**

كسارة صخرية متبقية عن تفكك الصخور القديمة.

ديفونى **Devonian**

رابع أقدم أدوار حقب الحياة القديمة وهو أحدث من الدور السيلورى وأقدم من الدور الكربونى.

ثنائى الزاوية **diagonal**

أى جسم ذو زاويتين.

ألماس **diamond**

كربون متبلور وهو أصلب مادة معروفة.

الشفافية النسبية **diaphenity**

وصف شفافية المعدن بأنها إما أن تكون شفافة أو شبه شفافة أو معتمة.

ثلمة **diastem**

انقطاع صغير للغاية فى ترسيب الصخور وهو يمثل مدة قصيرة جدا من الزمن الجيولوجى.

تشويه صخرى **diastrophism**

حركات تحدث فى القشرة الصخرية للأرض فتؤدى إلى تشوه الصخور والبنيات.

دياتوميت **diatomite**

راسب سيليسى يتكون من بقايا نباتات دقيقة الحجم تسمى الدياتومات.

دينوصور **dinosaur**

أى من المجموعة الكبيرة من الزواحف المنقرضة التى عاشت فى أثناء حقب الحياة المتوسطة فقط.

ميل **dip**

زاوية الميل بين مستوى التطبق للصخور ومستوىً أفقى حقيقى أو تخيلى.

لا توافق **disconformity**

انظر: لاتوافق **unconformity**.

تفكك **disintigration**

تفكك الصخور بالطرق الميكانيكية، وتعرف باسم التجوية الفيزيقية أيضا، أو التجوية الميكانيكية.

مُقَسَّم **dissected**

ما ينتج عن التقسيم إلى تلال ووديان بفعل عمليات النحات.

تقطير **distillation**

فى الحفريات : العملية التى يتم فيها إزالة المادة العضوية المتطايرة وترك الكربون المتبقى كدليل على وجودها.

اضطراب **disturbance**

واقعة بانية للجبال على نطاق إقليمى، وفى العادة تفصل بين دورين جيولوجيين.

مَقْسَم **divide**

حيد أو منطقة مرتفعة تفصل بين حوضى صرف متجاورين.

دولوميت **dolomite**

معدن يتركب من كربونات الكالسيوم والمغنسيوم $CaMg(CO_3)_2$.

قُبَّة **dome**

بنية مطوية تميل فيها الطبقات فى جميع الاتجاهات بعيدا عن المنطقة المركزية.

انكسار مزدوج **double refraction**

انظر: انكسار مزدوج **birefringence**.

مكتسحات **drift**

مواد تترسب من مثلجة.

دراملين **drumlin**

رابية مستديرة من الحريث ذات سطح أملس.

قابل للسحب **ductile**

قابلية بعض المواد للسحب على هيئة أسلاك.

كَثِيب **dune**

تل أو حيد من الرمال تكون بفعل الرياح.

جُدَّة قاطعة **dyke = dike**

جسم صخرى نضدى الشكل، أصله نارى فى العادة ويقطع طبقات الصخور المحيطة.

- E -

زلزال **earthquake**

هزة فى القشرة الأرضية تحدث نتيجة لتشقق الصخور وحركتها أو بسبب هزات بركانية.

جلد شوكى **echinoderm**

لا فقارى بحرى له هيكل خارجى جيرى، وعادة يكون له تماثل خماسى شعاعى، ويتبع شعبة الجلدشوكيات التى تشمل : الكيسيات والبرعمانيات والزنبقيات ونجم البحر وقنافذ البحر.

قنفذ بحرى **echinoid**

لا فقارى بحرى يعيش على قاع البحر هائما، له هيكل خارجى مكون من ألواح جيرية تغطيها أشواك متحركة. ويتبع طائفة القنفذانيات.

إيكولوچيا **echology**

دراسة العلاقات الفيزيقية والبيولوچية للكائنات الحية.

فوران **effervescence**

تفاعل فورانى يحدث عندما يتفاعل معدن كربوناتى مع حمض.

جنين **embryo**

كائن حى فى بداية مراحل نموه قبل أن يولد.

علم الأجنة **embryology**

فرع من البيولوچيا يختص بدراسة تكوين الأجِنَّة وتطورها.

جنينى **embryonic**

وصف للمرحلة البدائية غير المتطورة لحيوان ما بعد مرحلة "بيضة.

نهاية ركام جليدى **end moraine**

انظر: ركام جليدى طرفى **terminal moraine**.

هيكل داخلى **endoskeleton**

البنية الداخلية التى تدعم حيوانا ما.

بيئة **environment**

كل ما يحيط بالكائن الحى من ظروف فيزيقية وكيميائية وعضوية.

Eocene **إيوسين**

قسم من حقب الحياة الحديثة، قدره العلماء بأنه كان منذ ٤٠-٥٠ مليون سنة مضت.

epicenter **نقطة فوق المركز**

نقطة أو خط يقع مباشرة فوق بؤرة الزلزال التى نشأ عندها الزلزال.

epoch **حُقْبة**

قسم من الزمن الچيولوچى ؛ وهو أحد أقسام الدور **period**.

era **حقب**

قسم من الزمن الچيولوچى يشمل دورا أو أكثر.

erathem **تجمع**

فى الاسترا تجرافيا : الصخور التى تكونت خلال حقب من الزمن الچيولوچى.

erosion **نحات**

تآكُل وإزالة التربة وكسارة الصخور بفعل الرياح أو المياه أو الجليد.

erratic **صخر ضال (شارد)**

جلمود منقول بفعل نهر جليدى، يختلف فى تركيبه عن الأساس الصخرى الذى يوجد عليه الجلمود.

esker **إسكر**

حيد متعرج يتكون من رمال متطبقة وجرول، ترسبت من انهار تجرى خلال مثلجة أو أسفلها.

estuary **مصب النهر**

ملتقى النهر بالبحر، حيث يظهر تأثير المد والجزر.

تبـخـيـر **evaporation**

عملية يتغير فيها السائل إلى الحالة الغازية (البخارية).

مُتَبخر **evaporite**

راسب يتوضع بفعل الترسيب الكيميائي، مثل الملح الذى يترسب من المياه المشبعة بالملح.

تطور **evolution**

اصطلاح يطلق على العمليات التى تؤدى إلى تغير فى الكائنات الحية خلال أجيال متتابعة.

تقشر **exfoliation**

انفصال سطح الصخر إلى قشور أو رقائق نتيجة لعملية التجوية.

هيكل خـارجى **exoskeleton**

هيكل خارجى أو غطاء صلب لحماية أجزاء الحيوان الرخوة، وبخاصة فى اللافقاريات.

انكشـاف **exposure**

مكشف ظاهر للصخر يظهر على السطح.

انظر: مكشف **outcrop**.

صخر نابط **extrusive rock**

صـخـر نارى نبط أو خـرج إلى سطح الأرض فى حـالة منصهرة ثم تصلب.

- F -

وَجْـه **face**

وَحْدة السطح الخارجى فى البلورة.

سَحْنَة **facies**

نمط صخرى أو تتابع صخرى، ويقال سَحْنَة حوضية مثلا.

صدع **fault**

إزاحة للصخور على طول نطاق كسر.

بَريشَة الصدع **fault breccia**

بَريشة تتكون على طول مستوى الصدع.

خط الصدع **fault line**

الخط الذى يقابل عنده مستوى الصدع سطح الأرض على طول امتداده.

مستوى الصدع **fault plane**

كسر فى الصخر حدثت على امتداده عملية الحركة فى الصخور.

أُخدور الصدع **fault scarp**

جرف صغير تكون على السطح على امتداد خط الصدع.

فونة **fauna**

مجموعة من الحيوانات (الحية أو الحفريات) توجد فى مكان معين فى زمن معين.

تتابع فونى **faunal succession**

تتابع من أشكال الحياة خلال فترة من التاريخ الجيولوجى، توضح أن الحياة خلال فترة زمنية تختلف عنها فى فترة سبقتها أو تلتها.

فلسبار **feldspar**

اسم لمجموعة من معادن السليكات المرتبطة بعضها ببعض، وتشمل الأرثوكليز والميكروكلين والسانديـن والبلاجيوكليز واللابرادوريت وغيرها.

خيط **fibre**

مَعْلَم دقيق ورفيق يشبه الخيط.

خيطى ليفى fibrous

وصف لما يتكون من ألياف.

فتيل filament

خيط دقيق أو ليفة دقيقة.

فتيلى (خيطى) filiform

وصف لما يوجد على هيئة الخيط وكان رقيقا جدا.

تَفَسُّخ fissility

قابلية صخور معينة لأن تنفصل إلى رقائق بسهولة على طول مستويات متوازية متلاصقة.

انشطار fission

انفصال جسم ما أو تقسيمه إلى جزئين أو أكثر.

فيورد fiord

أخدود عميق ضيق له جدران شديدة الانحدار يتكون بفعل فيضان الوديان المثلجية.

ظَرَّان (فلنت) flint

صخر سيليسى عديم التبلور، لونه أدكن مطفأ فى العادة.

سهل فيضان flood plain

منطقة منخفضة تحد نهرا ما، وتغطيها مياه النهر فى حالة الفيضان.

فُلُورة flora

مجموعة من النباتات (الحية أو المتحجرة) توجد فى مكان معين وفى زمن معين.

تَفَلْور (فَلْوَرة) fluorescence

تضوء معدن ما خلال تعرضه إلى إشعاع غير مرئى مثل الأشعة فوق البنفسجية أو الأشعة السينية (أشعة إكس).

راسب طمــيى fluvial deposit

راسب تكون من الترسيب فى الأنهار.

بؤرة focus

نقطة فى داخل الأرض ينشأ عندها الزلزال.

طيـــة fold

انثناء أو انحناء يحدث للصخور فى الظروف اللدنة.

جبال مطوية folded mountains

جبال تتكون نتيجة عملية طى الصخور.

مُـتَــورِّق foliated

صفة لصخر أو معدن يتكون من أشكال شبيهة بالأوراق الرقيقة، مثل الميكا.

تورُّق foliation

البنية المتورقة (الرقائقية) فى الصخور المتحولة.

الجدار السفلى footwall

الصخر الموجود أسفل الجدار المعلق فى صدع مائل.

ثَقْب foramen

فى المسرجانيات؛ فتحة فى المصراع العنقى قرب المنقار، حيث يمتد المصراع العنقى من خلال الصدفة.

فورامنيفيرا foraminifera

حيوانات وحيدة الخلية ميكروسكوبية الحجم فى العادة، لعبت دورا مهما فى ترسيب الصخور الجيرية، وهى من طائفة ساركودينا التى تتبع شعبة الأوليات.

تكوين **formation**

وحدة صخرية تفيد فى رسم الخرائط والتمييز والمضاهاة على أساس الصفات الليثولوجية.

حفرية **fossil**

بقايا أو آثار كائن حى دفن بأسباب طبيعية وحفظ فى صخور القشرة الأرضية.

انظر: حفرية مرشدة guide fossil.

حفرى **fossiliferous**

وصف لما يحتوى على بقايا عضوية متحفرة.

مَكْسر **fracture**

نسيج السطح المكسور حديثا فى عكس اتجاه التشقق فى المعادن، وقد يكون المكسر محاريا أو مستويا أو شظويا، أو غير ذلك.

صخر حُطَامِىّ **fragmental rock**

صخر تكون من قطع من معادن أو كِسَر من الصخور الأقدم التحم بعضها ببعض.

داخنات **fumaroles**

فتحات أو أعناق توجد فى مناطق بركانية وتتصاعد منها الغازات.

- G -

جابرو **gabbro**

صخر نارى غليظ التحبب يتكون أساسا من البلاجيوكليز والأرثوكليز والبيروكسين.

galaxy **مَجَرَّة**

نظام فلكى يتكون من آلاف الملايين من النجوم، مثل مجرة الطريق اللبنى.

gangue minerals **معادن غَثَّة**

المعادن قليلة القيمة الاقتصادية فى خام ما.

garnet **جـارنِت**

مجموعة من معادن السليكات المعقدة تميز صخورا متحولة معينة وقد تكوّن بلورات لونها أحمر كاملة الأوجه البلورية.

gastroliths **صخور المَعِدَة**

حصوات **pebbles** مستديرة الشكل ومصقولة جيدا توجد مصاحبة لبعض الزواحف المتحفرة ؛ وتسمى أحجار المعدة **stomach stones**.

gastropod **بطنقدمى**

واحد من اللافقاريات المائية أو البرية، وحيد المصراع، صدفته جيرية من النوع الملفوف، مثل الحلزون. وهو من طائفة البطنقدميات التى تتبع شعبة الرخْويات.

geanticline **حَنِيرَة كبرى**

انحناء إلى أعلى يحدث فى القشرة الأرضية ويمتد مئات الأميال.

Geiger's counter **عداد جيجر**

جهاز يستخدم للكشف عن النشاط الإشعاعى.

gem **جـوهرة**

حجر كريم مقطوع ومصقول.

چيمولوچيا gemology

العلم الذى يختص بدراسة الأحجار الكريمة.

حجر كريم gemstone

اسم يطلق على الأحجار الكريمة سواء أكانت مقطوعة أم مصقولة أو على حالتها الأولية قبل القطع والصقل.

چين gene

الوحدة البنائية الأساسية للوراثة التى تحدد العوامل الوراثية.

وراثى genetic

يختص للدلالة عن الأصل.

علم الوراثة genetics

قسم من البيولوجيا يختص بالوراثة واختلافاتها فى الكائنات الحية.

جنس genus

مجموعة من الأنواع القريبة بعضها من بعض فى الكائنات الحية. والجمع genera.

چيوكرونولوچيا geochronology

علم دراسة الزمن وعلاقته بالتاريخ الچيولوچى.

فجوة geode

فراغ فى الصخر شكله دائرى أو كروى، وفى العادة يُحدَّد هذا الفراغ ببلورات معدنية.

عمر چيولوچى geologic age

عمر جسم ما يعبر عنه بمصطلح الزمن الچيولوچى، مثال ذلك سرخسيات الدور الكربونى، ودينوصورات الدور الطباشيرى.

geologic map — **خريطة چيولوچية**

خريطة توضح توزيع مكاشف الصخور، والبنيات، والرواسب المعدنية.

geologic range — **مدى چيولوچى**

فترة دوام **duration** كائن حى معلوم خلال زمن چيولوچى معين، مثال ذلك : من الكمبرى إلى الحديث بالنسبة للمسرجانيات.

geologic - time scale — **مقياس الزمن الچيولوچى**

سجل مجدول لتقسيمات تاريخ الأرض.

geomorphology — **چيومورفولوچيا**

فرع من الچيولوچيا يختص بدراسة أشكال سطح الأرض ؛ ودراسة تطور مظاهر السطح.

geosyncline — **قعيرة عظمى**

طية مقعرة عظيمة فى القشرة الأرضية، يكون طولها فى العادة مئات الأميال وعرضها عشرات الأميال.

geyser — **مِرْجَل أرضى (جيزر)**

ينبوع حار يفور على فترات ويخرج منه ماء ساخن وبخار.

geyserite — **جيزريت**

راسب سيليسى يتكون حول فتحات المراجل الأرضية (الجيزرات) والينابيع الحارة.

glacier — **مُثْلَجَة**

كتلة من الثلج الذى أعيد تبلوره، تتحرك ببطء وإلى الأمام نتيجة لقوى الجاذبية.

زجـــاج **glass**

فى الجيولوچيا : صخر غير متبلور قصيف برد سريعا.

نسيج زجاجى **glassy texture**

نسيج غير متبلور كثيف مثل الموجود فى صخر الأبسيديان وأنواع معينة من الصخور البركانية الأخرى.

جلوكونيت **glauconite**

معدن لونه ضارب إلى الاخضرار، يتكون عادة فى البيئات البحرية وتركيبه الكيميائى سليكات مائية للحديد والبوتاسيوم.

نَيِسْ **gneiss**

صخر متحول غليظ التحبب، تترتب فيه المعادن الحبيبية وتتبادل مع معادن أخرى سطائحية الشكل مما يعطيها مظهرا طبقيا، بدون أن تتكون فيها شستزة **schistosity**.

جونياتيت **goniatite**

من أمونويدات الرأسقدميات، له خطوط درز تتكون من سروج مستديرة وفصوص زاوِيَّة، ويتبع تحت طائفة الأمونويدات.

أُخْدود **graben**

كتلة صخرية طويلة ضيقة انخسفت إلى أسفل بين صدعين.

مَمَال **gradient**

ميل طبقة نهر ما، يعبر عنها فى العادة بقدم / ميل.

جرانيت **granite**

صخر نارى متحبب يتكون أساسا من الكوارتز والفلسبار ويوجد فيه عادة الميكا أو الهورنبلند.

نسيج جرانيتى **granitic texture**

نسيج غليظ التحبب، يميز الصخور النارية المتدخلة intrusive.

نسيج حبيبى **granular texture**

نسيج يتميز بحبيبات متشابكة، متساوية الحجم ؛ مثل صخر الجرانيت.

جرابتوليت **graptolite**

كائن حى منقرض، كان يعيش فى مستعمرات فى البحر وكان له هيكل كيتينى صلب ويعتقد أنه ينتمى إلى شعيبة أشباه الحبليات **hemichordata** فى شعبة الحبليات.

صدع جاذبية **gravity fault**

انظر: صدع عادى **normal fault**.

رمل أخضر **greensand**

رمل أو حجر رملى يحتوى على معدن الجلوكونيت الأخضر اللون.

أرضية **groundmass**

أرضية من مواد متبلورة أو زجاجية توجد فيها البلورات الكبيرة فى الصخور الفرفيرية النارية.

ماء أرضى **ground water**

ماء تحت الأرض يوجد فى نطاق التشبع فى الجزء الأسفل من الوشاح الصخرى، ويسمى أيضا الماء تحت السطحى والماء تحت الأرضى.

حفرية مرشدة guide or zone fossil

حفرية لها مدى چيولوچى قصير وانتشار جغرافى واسع، ولذلك تستخدم حفرية مرشدة لتأريخ الصخور التى توجد فيها.

جبس gypsum

كبريتات الكالسيوم المائية ($CaSO_4.2H_2O$).

- H-

هيئة habit

الشكل المميز لبلورة معدن ما.

مكسر مُسَنَّن hackly fracture

خاصية معدن ينكسر ويكون سطح الكسر فيه غير منتظم ومسنن، مثل معدن النحاس.

مَهْوَى hade

الزاوية بين مستوى الصدع والمستوى الأفقى.

هاليت halite

ملح الطعام وتركيبه الكيميائى كلوريد الصوديوم $Na\ Cl$.

هيماتيت hematite

اكسيد الحديد Fe_2O_3 .

وادٍ معلَّق hanging valley

وادٍ رافدى يدخل الوادى الرئيسى عند ارتفاع أعلى من أرضية الوادى الرئيسى.

جدار معلَّق hanging wall

الصخور الموجودة فوق الجدار السفلى فى صدع مائل.

صلادة **hardness**

مقاومة الصخر أو المعدن للكسر أو الخدش.

مقياس الصلادة **hardness scale**

مقياس عيارى يستخدم لتعيين الصلادة النسبية للمعادن.

عـــاشب **herbivore**

حيوان يغتذى على النباتات.

ستـــة **hexa-**

بادئة معناها ستة six.

سداسى **hexagonal**

شكل له ستة أوجه وست زوايا ؛ نظام بلورى تكون الأوجه البلورية فيه مبنية على أربعة محاور متقاطعة، ثلاثة منها متساوية وتوجد فى المستوى نفسه وتتقاطع فى زوايا؛ والمحور الرابع يتعامد على المحاور الثلاثة وقد يكون أطول أو أقصر منها.

خط مِفْصَلَة **hinge line**

فى المسرجانيات: حافة الصدفة حيث يتمفصل المصراعان، وفى المحاريات هو الحافة الظهرية للمصراع التى تتلامس باستمرارية مع المصراع المقابل.

چيولوچيا تاريخية **historical geology**

علم يبحث فى دراسة التاريخ الچيولوچى للأرض.

بِنْيَة مُتَشَاكِلَة **homologous structure**

بنيات أو أعضاء فى حيوانات مختلفة، لها البنية الأساسية نفسها لكنها تستخدم فى أغراض مختلفة.

خطاف **hook**

عمود منحني.

هورنبلند **hornblende**

معدن من مجموعة الأمفيبول.

نتق **horst**

كتلة مرتفعة بين صدعين.

ينبوع حار **hot spring**

ينبوع يخرج منه ماء حار إلى سطح الأرض.

دورة هدرولوچية **hydrologic cycle**

عملية مستمرة يتبخر الماء فيها من البحر ليسقط على الأرض ثم يعود مرة أخرى إلى البحر.

الغلاف المائي **hydrosphere**

كل الماء الموجود على سطح الأرض أو فى الفراغات الموجودة تحت السطح.

- I -

العصر الجليدى **Ice Age**

دور البليستوسين فى الزمن الرابع من حقب الكاينوزوى؛ زمن التثلج المظيم.

قلنسوة جليدية **ice cap**

غطاء جليدى فى المناطق القطبية.

شرشف جليدى **ice sheet**

كتلة ضخمة على شكل رابية من الجليد المثلجى، تنتشر من المركز فى اتجاهات عديدة أو فى كل الاتجاهات.

ichthysaur **إكثيصور**

من الزواحف البحرية لحقب الحياة المتوسطة ويشبه الدلفين في شكله العام.

igneous rock **صخر ناري**

صخر تكون من اللابة أو من الصهارة.

incadescence **توهج حراري**

توهج مادة ساخنة.

inclusion **مُكْتَنَف**

كسرة من صخر أو معدن يحيط به صخر أو معدن آخر.

index fossil **حفرية دليل**

انظر: حفرية مرشدة **guide fossil**.

intermittent stream **نهر مؤقت**

نهر يجف مجراه جزءا من الوقت.

intrusion **تَدَخُّل**

صخر ناري، يندفع في صخور أخرى بالمنطقة وهو في الحالة المنصهرة.

intrusive rock **صخر متدخل**

صخر يندفع في صخور أقدم منه (وهو في حالة منصهرة)، ويكون ذلك في العادة على امتداد الصدوع أو الشقوق، والصخور المتدخلة لا تبلغ سطح الأرض، لكنها تتكشف على السطح نتيجة لعملية التحات للصخور التي تعلو الصخور المتدخلة.

invertebrate **لا فقاري**

حيوان ليس له عمود فقري (شوكي).

متساوى القياس isometric

نظام بلورى تستند أشكاله البلورية إلى ثلاثة محاور متساوية تتقاطع فى زوايا قائمة.

متساوى السيزمية isoseismal

خط وهمى يصل بين النقط التى لها شدة موجة زلزالية متساوية ويسمى هذا الخط باسم خط السيزمية المتساوية.

خط تساوى السيزمية iisoseismic line

انظر: متساوى السيزمية **isoseismal**.

أيزوستاسية isostasy

حالة الاتزان العام للقشرة الأرضية.

نظائر isotopes

عناصر لها العدد الذرى نفسه، لكنها تختلف فى الوزن الذرى وبعض الصفات.

- J -

مَفْصل joint

كسر فى الصخور لا تصاحبه إزاحة على جانبى الكسر.

ميزان جولى - كراوس Jolly-Kraus bal-ance

ميزان زنبركى يستخدم لتعيين الوزن النوعى بصفة خاصة.

جوراسى Jurassic

الدور الأوسط فى حقب الحياة المتوسطة.

- K -

kame **كيم**

رابيــة صــغــيــرة قِـمَـمـيــة الشكل تتكون من الرمل المتطبق والجرول، وترسبت من نهر جليدى

kaolin **كــاولين**

صلصـــال أبيض أو ضـــارب إلى البــيـــاض ينتج عن تحلل الصخور التى تحتوى على كميات كبيرة من الفلسبار.

karst topography **طوبوغرافية الكارست**

طوبوغرافية غير منتظمة تتميز بفجوات تشبه البالوعات ووديان بلا أنهار وكهوف وأنهار تحت أرضية.

kettle **منخفض جليدى**

منخفض يشبــه الحــوض فى الانجــراف الجليـدى، يتكون عندما تذوب كتل مدفونة من الجليد الثلجى.

- L -

laccolith **لاكوليث**

كتلة كبيرة من الصخور النارية المتدخلة تشبه العدسة فى شكلها.

lacustrine deposits **رواسب بحيرات**

رواسب تتكون على قيعان البحيرات.

lamellar **رقائقى**

مرتب على هيئة ألواح رقيقة.

انزلاق أرضى **landslide**

الحركة السريعة نسبيا لكتل كبيرة من الصخور، والتراب إلى أسفل التلال أو الجبال.

صـــاقل **lapidary**

قاطع وصاقل للأحجار الكريمة.

لُبَيلات **lapilli**

كسر صغيرة من الصخور البركانية مستديرة أو غير منتظمة الشكل تقذف من البركان أثناء ثورانه.

جـــانبى **lateral**

جانبى أو بجانب.

ركام مثلجى جانبى **lateral moraine**

حيد من الحريث مستطيل الشكل على امتداد الحافات الجانبية لمثلجة ألبية، ويُستمد معظمه من الركام السطحى المتساقط على المثلجة من جدران الوادى.

لاَبة **lava**

الصخور المنصهرة على سطح الأرض، وتخرج من باطنها.

قـبـة لابِيـّة **lava dome**

انظر: البراكين الدرعية **shield volcanoe**.

هضبـة لابيـة **lava plateau**

انظر: هضاب البازلت **plateau basalts**.

ليـاس **Lias**

اسم بديل للجوراسى الأسفل.

lignite — **ليجنيت**

فحم بنى اللون ناعم.

limestone — **حجر جيرى**

صخر رسوبى يتكون معظمه من كربونات الكالسيوم.

limonite — **ليمونيت**

أكسيد حديد مائى غير متبلور.

lithification — **تحجر**

العملية التى تصبح بها الرواسب صخورا متصلبة.

lithology — **ليثولوجيا**

دراسة ووصف الصخور بالعين المجردة، وكذلك دراسة النسيج والتركيب لأى عينة صخرية.

lithosphere — **الغلاف الصخرى**

الجزء الصلب من الأرض.

load — **حمولة**

كمية المواد التى تحملها عوامل التحات (مثل الأنهار والمثالج أو الرياح) فى زمن معين.

lode — **حِمْل**

عرق معدنى سميك على غير المألوف، أو مجموعة من عروق الخامات يمكن تتجيمها.

loess — **طَيْس**

راسب من الغرين تسوقه الرياح إلى أماكن بعيدة عن المصدر.

longitudinal — **طولى**

فى اتجاه مواز للطول.

lustre — **بريق**

المظهر الذى يبديه السطح القشيب غير المجوى لمعدن ما فى الضوء المنعكس.

- M -

حفريات كبيرة **macrofossils**

الحفريات التى ترى بسهولة بالعين المجردة.

صهارة **magma**

مواد الصخور المنصهرة فى باطن الأرض والتى تتكون منها الصخور النارية عندما تبرد.

قابل للطرق **malleable**

وصف للفلز أو المعدن إذا كان قابلا للترقق والسحب دون أن ينكسر.

وشاح **mantle**

الجزء السميك الكثيف من الغلاف الصخرى أسفل القشرة الأرضية ويمتد إلى عمق ميل تحت سطح الأرض.

صخر الوشاح **mantle rock**

سطيحة من التربة المفككة أو صخر يغطى الأساس الصخرى.

رخام **marble**

صخر كربوناتى متبلور، وكان قبل تحوله حجرا جيريا أو دولوميت.

بحرى **marine**

ينتمى إلى البحر، أو من البحر.

جرابيات **marsupials**

ثديات أولية لها جيب أو جراب تضع فيه الصغار، وتوجد الآن فى أستراليا وأميركا ؛ ومثالها الكانجارو.

كتلى (مُصْمت) massive

هيئة المعدن الذى يفتقد إلى الشكل البلورى أو الشكل المقلد.

حـركـة الكتلة mass movement

حركة سطحية لمواد الأرض تنشأ أساسا بفعل الجاذبية.

دمار الكتلة mass wasting

انظر: حركة الكتلة mass movement.

أرضيــة matrix

المادة التى ينطمر فيها معدن معين، وأيضا الصخر الذى يلتصق به أحد أطراف بلورة ما.

منعطفـات نهـرية meanders

سلسلة من المنحنيات العريضة الفصية الشكل فى مجرى نهر متطور.

تجوية ميكانيكية mechanical weathering

انظر: تفكك disintigration.

ركام مثلجى متوسط medial moraine

جسم من الحريث شبيه بحيد مستطيل يتكون من اتصال ركامين مثلجين جانبيين.

حفريات كبيرة megafossils

انظر: حفريات كبيرة macrofossils.

متوسط meso

بادئة تعنى وسط middle.

حقب الحيـاة المتوسطـة (الميزوزوى) Mesozoic Era

يتكون من أدوار الترياسى والجوراسى والطباشيرى.

صخر متحول **metamorphic rock**

صخر نشأ عن صخور نارية أو رسوبية تعرضت لتغيرات هائلة من الضغط ودرجة الحرارة والبيئة الكيميائية.

تحول **metamorphism**

تغير شامل للصخور والمعادن.

ماء جوى **meteoric water**

المياه الأرضية الآتية أساسا من سقوط المطر.

علم الأرصاد الجوية **meteorology**

العلم الذى يختص بالغلاف الجوى والتغيرات التى تعتريه.

ميكا **mica**

مجموعة من معادن السليكات الموجودة فى الصخور.

حفريات دقيقة **microfossils**

حفريات ميكروسكوبية الحجم.

الطريق اللبنى **milky way**

المجرة التى توجد فيها الأرض.

معدن **mineral**

مادة غير عضوية تكونت فى الطبيعة ولها صفات فيزيقية وكيميائية محددة.

علم المعادن **mineralogy**

العلم الذى يختص بدراسة المعادن ويشمل وجودها وتركيبها وأشكالها وخواصها وبنياتها.

ميوسين **Miocene**

الدور الرابع من الزمن الثالث **Tertiary** فى حقب الحياة الحديثة، واستمر لمدة ١٤ مليون سنة تقريبا.

المسيسبانى **Mississipian**

مصطلح يستخدم فى أميركا يكافئ الكربونى السفلى فى أوربا.

انقطاع موروفيتشيك **Mohorovicic Discontinuity**

نطاق التماس بين القشرة الصخرية للأرض والوشاح ، ويعرف أيضا باسم موهو **Moho**.

مقياس موهس **Mohs scale**

مقياس لتعيين الصلادة النسبية للمعادن.

مونادنوك **monadnock**

تل منعزل تخلّف كأثر بعد عملية التحات فوق سطح سهل ما.

أحادى الميل **monoclinic**

نظام بلورى تستند الأوجه البلورية فيه إلى ثلاثة محاور غير متساوية يتقاطع بعضها مع بعض، اثنان منها يتقاطعان عموديا والثالث مائل.

أحادى المسلك **monotremes**

ثدييات أولية تضع البيض، وتوجد الآن فقط فى أستراليا مثل حيوان منقار البطة **platypus**.

قمر **moon**

جِرْم سماوى يدور حول كوكب.

رُكَام مثلجى **moraine**

تراكم من المواد الصخرية تحمله المثالج وترسبه.

مورفولوچيا **morphology**

علم دراسة البنية أو الشكل.

جبل **mountain**

أى جـــزء من الأرض يرتفع بشكل ملحـــوظ عن الأراضى المجاورة له، وفى العادة تكون له جوانب منحدرة وله قمة مدببة صغيرة المساحة نسبيا.

مثلجة جبلية **mountain glacier**

انظر: مثلجة ألبية **Alpine glacier**.

انسياب طمى **mudflow**

حركة كتلة كبيرة من الطين والصخر والماء إلى أسفل وادى أو مجرى نهر ما.

بركـــان وحلى **mud volcano**

ينابيع فقاعية يخرج منها الوحل وغالبا يكون لونه زاهيا.

عديد الخلايا **multicellular**

يتكون من أكثر من خلية واحدة.

مسكوفيت **muscovite**

ميكا بيضاء تتميز بوجودها على هيئة بلورات سطائحية بيضاء فضية اللون.

طفرة **mutation**

تغير موروث ينتقل نتيجة لتغيرات فى كروموسومات أو جينات الخلية الناقلة للوراثة.

- N -

انتخاب طبيعى **natural selection**

بقاء الكائنات الحية بسبب قدرتها على التكيف مع الظروف المحيطة بها وكذلك ظروف التغيرات البيئية.

سديم **nebula**

كتلة غازية ضبابية من الغازات أو الغبار توجد فى الفضاء.

نيڤ **névé**

ثلج وجليد حبيبى يصبح فيما بعد جليدا متثلجا.

عُقَيدة **nodule**

قطعة مستديرة من الصخر أو المعدن.

عدم توافق **nonconformity**

انظر: لا توافق **disconformity**.

صدع عادى **normal fault**

صدع تحرك فيه الحائط المعلق إلى أسفل بالنسبة إلى الحائط السفلى، ويعرف أيضا باسم صدع الجاذبية.

- O -

منبعج **oblate**

شكل مفلطح عند القطبين.

أبسيديان **obsidian**

صخر بركانى زجاجى.

علم المحيطات **oceanography**

علم دراسة البحار وخصائصها.

ثمانى- **octa -**

بادئة معناها ثمانية **eight**.

offshore bar **قضيب بحرى**

قضيب رملى يوازى خط الساحل تقريبا.

oil shale **طَفْلة زيت**

طفلة عضوية إلى حد كبير، ومن الممكن استخلاص النفط منها.

Oligocene **أوليجوسين**

قسم من الزمن الجيولوجى وهو دور فى حقب الحياة الحديثة يقدر أنه استغرق الفترة ما بين ٤٠ مليون سنة و٢٨ مليون سنة مضت.

olivine **أوليفين**

معدن سليكاتى مكون للصخور، ولونه أخضر أدكن.

ontogeny **تطور الفرد**

تاريخ حياة أو تطور كائن حى منفرد.

oolitic **سرئى**

مصطلح توصف به الصخور والمعادن التى تتكون من جسيمات صغيرة تسمى سرئيات وهى تشبه بيض الأسماك.

opaque **معتم**

صفة لأى جسم لا ينفذ الضوء من خلاله.

operculum **غِطَاء**

غطاء أو زائدة لغلق فتحات بعض الأصداف.

Ordovician **أردوفيشى**

ثانى أدوار حقب الحياة القديمة.

ore **خام**

راسب معدنى فلزى.

عضو **organ**

جزء من نبات أو حيوان يؤدى وظيفته كوحدة، ومثال ذلك القلب والمعدة وغيرهما.

عـضـوى **organic**

وصف لما يتصل بالكائنات الحية أو يستمد منها.

كائن حىّ - مُتَعَضٍّ **organism**

أى كائن حى.

أوروچينيـــة **orogeny**

عملية أدت إلى نشوء الجبال وتطور بنياتها.

أرثوكليــز **orthoclase**

فلسبـار يميز الصخور النارية الحمضية ؛ مثل الفلسبـار البوتاسى.

معـينى قـائم **orthorhombic**

نظام بلورى تبنى فيه الأوجه البلورية على ثلاثة محاور غير متساوية تتقاطع كلها بزوايا قائمة.

مُنْكَشَف = مَكْشَف **outcrop**

مكان تظهر عنده الطبقات على السطح.

سهل مكتسحات **outwash plain**

سهل عريض يتكون من رواسب توضعت من أنهار من المثالج المنصهرة.

بحـيـرة قـوسـيـة **ox-bow lake**

بحيرة هلالية الشكل تكونت نتيجة لانعزال منعطف عن الجزء الرئيسى من النهر.

تـأكـسـد **oxidation**

اتحاد الأكسجين كيميائيا مع مواد أخرى.

لابة حبلية **pahoehoe**

نوع من اللابة المتصلبة يتميز بسطح ناعم حبلى الشكل.

باليوسين **Palaeocene**

أول أدوار الزمن الثالث من حقب الحياة الحديثة.

إيكولوچيا قديمة **palaeoecology**

علم يدرس العلاقة بين الأحياء القديمة وبيئاتها.

جغرافيا قديمة **palaeogeography**

علم يدرس الجغرافيا القديمة لسطح الأرض.

بالينتولوچيا = علم الحفريات **palaeontology**

العلم الذى يختص بدراسة الحفريات.

الباليوزوى(حقب الحياة القديمة) **Palaeozoic**

الحقب الذى يضم أدوار الكمبرى والأردوفيشى والسيلورى والديفونى والكربونى والبرمى.

شبه توافق **paraconformity**

انظر: عدم توافق **unconformity**.

خُثّ **peat**

مواد نباتية لونها بنى أدكن متحللة جزئيا ومتراكمة، وهى تمثل أول مراحل تكون الفحم.

فتحة العنق **pedicle opening (pedicle foramen)**

انظر: ثقب **foramen**.

بيجماتيت **pegmatite**

صخر نارى متدخل غليظ التحبب، يوجد عادة على هيئة عدسات أو جُدَد.

pelecypods **محـــاريات**

لا فقاريات مائية ثنائية المصراع، تتبع طائفة المحاريات **pelecypoda** التى تتبع شعبة الرخويات **mollusca**.

peneplain (peneplane) **سهل**

منطقة منخفضة الارتفاع متسعة نتجت عن عمليات التحات المستمرة.

Pennsylvanian **بنسلفــــانى**

المكافئ الأميركى لتكاوين جريت حجر الطاحون والفحم فى الدور الكربونى فى أوربا.

peridotite **بيريدوتيت**

صخر نارى قاعدى غليظ التحبب يتكون أساسا من معادن الأوليفين والبيروكسين.

period **دور**

قسم من الزمن الجيولوجى يلى الحقب **Era**، ويسبق العصر **Epoch**

permeable **منفذ (نفاذ)**

جسم له القدرة على إمرار الموائع.

Permian **برمى**

آخر أدوار حقب الحياة القديمة.

permineralization **تمعدن**

إضافة مواد معدنية إلى الأصداف الأصلية عن طريق الترسيب فى الفراغات البينية، وذلك غير الإحلال محل المواد الأصلية للأصداف.

petrography **بتروجرافيا**

علم وصف الصخور.

ميكروسكوب (مجهر) بترولوچى **petrological microscope**

ميكروسكوب لدراسة القطاعات الرقيقة للصخور.

نفط (بترول) **petroleum**

خليط معقد من الهدروكربونات يوجد فى صخور القشرة الأرضية.

بترولوچيا (علم الصخور) **petrology**

دراسة التاريخ الطبيعى للصخور بكل الطرق الممكنة.

بلورة بارزة **phenocrysts**

بلورة كبيرة بالمقارنة بالبلورات التى تحيط بها.

فوسفاتى **phosphatic**

وصف لما يحتوى على معادن الفوسفات أو يخصها.

تاريخ تطور السلالة **phylogeny**

التاريخ السلالى لمجموعة من الأحياء.

شعبة **phylum**

أحد الأقسام الأولية فى عوالم النبات والحيوان.

چيولوچيا فيزيقية **physical geology**

علم دراسة مواد الأرض وتركيبها وتوزيعها والقوى التى سببتها.

تجوية فيزيقية **physical weathering**

عملية تكسير وتفكك الصخور بطرق فيزيقية ؛ وتعرف أيضا باسم التجوية الميكانيكية أو التفكك.

فيزيوجرافيا **physiography**

وصف الظواهر الطبيعية الموجودة على سطح الأرض.

مثلجة قدم الجبل **piedmont glacier**

مثلجة تتكون نتيجة اتحاد (تجمع) عدة مثالج ألبية عند أقدام الجبال والتى تنشأ منها المثالج الألبية.

ميل الطية pitch

الزاوية المحصورة بين محور طية والمستوى الأفقى.

بلاچيوكليز plagioclase

خليط من الفلسبارات يحتوى الصوديوم والكالسيوم ويوجد فى كل الصخور النارية الحامضية والقاعدية.

سهل plain

منطقة ذات ارتفاع منخفض تسفلها طبقات أفقية.

تكتونية الألواح plate tectonics

نظرية تقول بأن سطح الأرض مقسم إلى ألواح كبيرة تتحرك بالنسبة لبعضها البعض.

هضبة plateau

مرتفع قمته مسطحة نسبيا وتحتها طبقات أفقية أساسا.

هضاب بازلتية plateau, basalts

فرشات أو شراشف ضخمة من البازلت نبطت من شقوق القشرة الأرضية ؛ وتسمى أيضا هضاب اللابة أو فيضان البازلت.

بَلايا playa

الأرضيات الجافة للبحيرات المؤقتة الموجودة فى المناطق الصحراوية.

بليستوسين Pleistocene

أول أدوار الزمن الرابع فى حقب الحياة الحديثة، وهو يلى دور البليوسين.

حزوز جانبية pleural grooves

فى تحت طائفة الترايلوبيتا : الأجزاء الجانبية للصدر والذَّنَب.

بليــوســين **Pliocene**

آخر أدوار الزمن الثالث فى حقب الحياة الحديثة، وهو يلى دور الميوسين، واستمر هذا الدور حوالى ١٣ مليون سنة.

بلوتون **pluton**

جسم صخر نارى تصلّب من الصهارة فى الأعماق.

صخر جوفى (بلوتونى) **plutonic rock**

انظر: صخر متدخل **intrusive**.

عـــديد الزوايا **polygonal**

جسم له أكثر من أربع زوايا.

بوليب **polyp**

حيـوان مـائى من الجـوفمـعـويات له زوائد كـثـيرة، وشكله اسطوانى أو على شكل الفنجان، كما فى المرجان.

بورســيلينى **porcellaneous**

وصف لما يشبه الخزف (البورسيلين).

مـسـامـيـة **porosity**

النسبة المئوية للمسام الموجودة فى صـخـر مـا، والتى يمكن لها الاحتفاظ بالموائع فى داخلها.

مسامى **porous**

صفة للجسم الذى يحتوى على مسام أو فراغات بداخله.

فرفيرى **porphyry**

صـخر نارى يحتوى على بلورات كبيـرة توجد فى وسط دقيق التحبب.

مــؤخــرة **posterior**

جهة الخلف من كائن حى ما.

حـفـرة قِـدْرية **pothole**

حـفـرة دائرية في صـخـور مـجـرى نهـر مـا، وشكلها يشبـه القدر.

مـا قبل الكمـبـرى **Pre-Cambrian**

أقدم أحقاب الزمن الچيولوچى، وهو أقدم من حقب الحياة القديمة، وينقسم إلى الأركيوزوى والبروتيروزوى.

بروتستا **protista**

شعبة تضم أبسط أنواع الكائنات الحية حقيقية النوى ولها صـفـات مـختلطة من النبـاتات والحيـوانات ؛ مـثـال ذلك البكتيريا والطحالب والراديولاريا (الشعاعيات).

حفريات زائفة **pseudofossils**

أجسام غير عضوية تشبه الحفريات مثل الشجيريات **dendrits** والدرنات الصخرية **concretions**.

شكل خادع **pseudomorph**

معدن يتخذ شكل معدن آخر حل مكانه.

قدم كاذبة **pseudopodium**

امـتـداد مـؤقت للبـروتوبـلازم في أنواع مـعينة من الكائنـات وحيدة الخلية، وهو عضو حركة وتغذية.

بتـيـروصـور **pterosaur**

زاحف طائر من حقب الحياة المتوسطة.

بيريت **pyrite**

معدن صلب لونه نحاسي أصفر يتكون من كبريتيد الحديد FeS_2؛ ويسمى الذهب الخادع.

فتاتى بركانى **pyroclastic**

كسر من الصخور تكونت من الكسارات الصخرية التى قذفتها البراكين ؛ مثل القنابل البركانية والرماد البركانى.

- Q -

كوارتز **quartz**

معدن تركيبه ثانى أكسيد السيلكون ($Si\ O_2$) وهو من المعادن الشائعة فى أنواع الصخور المختلفة.

كوارتزيت **quartzite**

صخر متحول عن الحجر الرملى.

الدور الرابع **Quaternary**

أحدث فترة فى حقب الحياة الحديثة ، وهو يلى الدور الثالث.

- R -

تماثل شعاعى **radial symmetry**

انظر: تماثل **symmetry**.

نشاط إشعاعى **radioactivity**

اضمحلال تلقائى لنواة ذرية يصاحبه انطلاق طاقة.

قانون الإعادة **recapitulation law**

انظر: القانون الحيوى **biogenetic law**.

ركام مُنْحَسِر **recessional moraine**

حيد من الحريث تكون من انحسار المثالج.

recrystallization **إعادة تبلور**

نمو بلورات صغيرة لتصبح أكبر حجما تحت ظروف مناسبة

recumbent fold **طيـة مضطجـعة**

طية محور الطى فيها أفقى تقريبا.

red beds **طبقات حمراء**

صخور رسوبية حمراء اللون.

reef **شِـعْب**

مرتفع أو حيد على قاع البحر يصل إلى السطح غالبا، ويتكون أساسا من مواد عضوية خلفتها كائنات حية مثل المراجين وغيرها.

rejuvenation **تَصابِى**

تغيرات تسبب زيادة ممال نهر ما.

relief **تضاريس**

عدم انتظام سطح الأرض ؛ الفرق فى الارتفاع بين أعلى نقطة فى المنطقة وأكثر نقطة انخفاض فى المنطقة.

replacement **إحلال**

نمط من التحفر، تُزَال فيه أجزاء عضوية صُلْبة من الحفرية بواسطة المحاليل، وفى الوقت نفسه يتم ترسيب مواد أخرى فى الفراغات التى نتجت عن عملية الإزالة، وتسمى هذه العملية بالتمعدن.

reverse fault **صدع معكوس**

انظر: صدع دسر **thrust fault**.

revolution **ثَوْرة**

حركة هائلة بانية للجبال فى التاريخ الجيولوجى، ومثالها الثورة الألبية.

راثيتى **Rhaetic**

عصر فى حقب الحياة المتوسطة وهو وسط بين الدورين الترياسى والجوراسى.

ريوليت **rhyolite**

صخر بركانى دقيق التحبب أو من النوع المتدخل الضحل وله مثل تركيب الجرانيت تقريبا.

وادى أخدود **rift valley**

انظر: أخدود **graben**.

علامات النيم **ripple marks**

تمرجات موجية الشكل توجد على أسطح المواد غير المتماسكة. وتنتج من فعل الرياح أو المياه.

صخر **rock**

كتلة من مواد معدنية تتكون فى الطبيعة وتكون جزءا أساسيا من القشرة الأرضية.

معادن مكونة للصخور **rock-forming minerals**

المعادن الشائعة التى تكوّن نسبة عالية فى تركيب صخور الغلاف الصخرى

مثلجة صخرية **rock glacier**

ركام صخرى على هيئة لسان يتحرك ببطء بطريقة المثلجة.

ملح صخرى **rock salt**

معدن الهاليت أو الملح العادى وتركيبه الكيميائى **Na Cl**.

انزلاق صخرى **rockslide**

الحركة السريعة نسبيا للمواد الصخرية المفككة حديثا وتكون الحركة إلى أسفل على طول نطاقات انفصال المواد الصخرية.

rock unit — **وحدة صخرية**

تقسيم صخرى مبنى على أساس الصفات الفيزيقية والليثولوجية المحددة، ولا يعتمد التقسيم على أساس الزمن الجيولوجى ؛ سواء كانت مجموعات أو تكاوين أو أعضاء.

Rossi-Forel Scale — **مقياس روسى - فوريل**

مقياس يستخدم للدلالة على شدة الزلزال.

run- off — **ماء جارٍ**

الماء الذى ينطلق على سطح الأرض.

- S -

salt plug — **سدادة ملح**

أجسام من الملح (أو الجبس) أنبوبية الشكل رأسية تتكون من السريان الرأسى للملح الواقع تحت ضغط، وقد اندفع الملح خلال الرواسب المحيطة به لكى يصل إلى وضعه الحالى.

sand — **رمل**

حبيبات معدنية، تركيبها المعدنى الكوارتز عادة ويتردد حجم الحبيبة منها بين ٢ مليمتر و ١/١٦ مليمتر.

sand dune — **كثيب رملى**

حيد أو تل من الرمل ترسب بواسطة الرياح.

sandstone — **حجر رملى**

صخر رسوبى يتكون من الرمل المتماسك.

satellite — **تابع سماوى**

انظر: قمر **moon**.

شيست **schist**

صخر متحول يحتوى على وفرة من معادن مرتبة على هيئة ألواح، وينفصل الصخر بسهولة فى اتجاهات موازية للأسطح المرتبة فى هيئة الألواح.

فكوك الديدان **scolecondont**

الفكوك الكيتينية والقرنية أو السيليسية للديدان.

انتشار قاع البحر **seafloor spreading**

ظاهرة تنتج من استحداث مواد عند حيد وسط المحيط وتنتشر هذه المواد بعيدا عن الحيود فتؤدى إلى انفصال القارات وزحزحتها.

راسب **sediment**

مواد تترسب نتيجة للتوضع من وسط ناقل مثل الماء أو الهواء.

صخر رسوبى **sedimentary rock**

صخر يتكون نتيجة تصلب الرواسب.

ترسيب **sedimentation**

عملية ترسيب جسيمات الصخر (الرواسب) التى تؤدى إلى تكوين الصخور الرسوبية.

سيزموجرام **seismogram**

سجل زلزالى يسجله جهاز السيزموجراف إثر حدوث زلزال.

سيزموجراف **seismograph**

جهاز يستخدم فى تسجيل الهزات الأرضية.

علم الزلازل **seismology**

الدراسة العلمية للزلازل والهزات الأرضية الأخرى.

حاجز **septum**

فاصل أو جدار للتقسيم، فهو فاصل بين الحجرات فى أصداف **fusulinids**، وفى المراجين هو أحد الألواح الشعاعية الجيرية فى المرجانة، وفى الرأسقدميات هوالحاجز المستعرض بين الحجرات.

نسق **series**

الصخور التى تكونت خلال حقبة، وهو المصطلح الاستراتجرافى فى الزمن الأقل من نظام **system**.

طَفْلة **shale**

صخر رسوبى يتكون من رقائق من الطين المتصلب والصلصال والغرين.

درِع **shield**

منطقة مترامية من صخور ما قبل الكمبرى المنكشفة.

مخروط درعى **shield cone**

انظر: بركان درعى **shield volcano**

بركان درعى **shield volcano**

بركان يتكون من اللابة بصفة مطلقة، ويعرف أيضا باسم مخروط درعى أو قبة اللابة أو درع بركانى.

سليكا **silica**

ثانى أكسيد السليكون (SiO_2).

سيليسى **siliceous**

وصف لِما يحتوى على السليكا أو ينتمى إليها.

سيلسة **silicification**

عملية الاتحاد مع السليكا أو الاختلاط بها.

مُتَسَيْلِس **silicified**

وصف لِمَا يحتوى على كميات كبيرة من الكوارتز أو السليكا، أو حدثت له عملية إحلال بالسليكا.

سد أفقى **sill**

صهارة متصلبة تدخلت بين طبقات الصخور الرسوبية.

غِرْيَن **silt**

راسب طينى دقيق التحبب يتكون من جسيمات حجم الحبيبة منها من ١/١٦ إلى ١/٢٥٦ مم.

سيلورى **Silurian**

ثالث أقدم أدوار حقب الحياة القديمة وهو أقدم من الديفونى وأحدث من الأردوفيشى.

بالوعة **sink**

انظر: فجوة بالوعية **sink - hole**.

فجوة بالوعية **sink - hole**

منخفض على سطح الأرض ينشأ عن ظاهرة الانهيار الناتج عن ذوبان الصخور السفلية ؛ ويعرف أيضا باسم " بالوعة " **sink**.

أَرْدواز **slate**

صخر متحول دقيق التحبب شديد الدموج، ينفصل بسهولة إلى رقائق وهو ناتج عن تحول الطَفْلة.

مصاقل **slickensides**

أسطح صخرية مصقولة تتكون من انزلاق كتلتين صخريتين الواحدة على الأخرى بفعل عمليات التصدع.

تَدَهْور **slump**

انزلاق صغير نسبيا يحدث فى كتل الصخور أو التربة ويكون اتجاهه إلى أسفل.

تنقية بالصهر **smelting**

عملية يتم فيها اختزال الخام المعدنى إلى فلز.

خط الثلج **snow line**

المستوى الذى يوجد الثلج أعلاه طول العام

تربة **soil**

صخر متكسر ومتحلل به مواد عضوية مضمحلة.

النظام الشمسى **solar system**

الشمس والأجرام السماوية التى تدور حولها.

انثيال التربة **solifluction**

حركة بطيئة لكتلة من التربة ، وهى خاصية مميزة للمناطق القطبية الشمالية والشبيهة بالقطبية.

منفرد **solitary**

وصف لكائن حى ليس فردا فى مستعمرة، بل يعيش بمفرده.

نوع **species**

أحد الأقسام الصغيرة الطبيعية فى التصنيفات الحيوية.

وزن نوعى **specific gravity**

وزن المادة مقسوما على وزن حجم مساو لها من الماء، وتسمى أيضا الكثافة النسبية، ودرجة الحرارة القياسية المستعملة لقياس الوزن النوعى هى درجات مئوية.

اسم نوعى **specific name**

الاسم الذى يطلق على النوع **species**، ويكون هو الاسم الثانى الذى تسمى به الحفرية مثل *sapiens* فى *Homo sapiens*.

كُرَوانى **spheroidal**

شبيه بشكل الكرة (كرة مشوهة).

شوكة إسفنجية **spicule**

إحدى مكونات هيكل الإسفنج، وتتكون من جسيمات معدنية، قد تكون جيرية أو سيليسية.

حلزون **spire**

أحد الأجزاء الرئيسية فى صدفة البطنقدميات الملفوفة ويكوِّن مع لفة الجسم الصدفة الحلزونية.

قضيب رفيع **spit**

قضيب رملى يشبه الإصبع ويمتد فى المياه خارجا من الشاطئ.

ينبوع **spring**

مكان يصل فيه الماء الأرضى إلى السطح خلال فتحات طبيعية .

قائم بحرى **stack , sea**

عمود صخرى منعزل، وجوانبه شديدة الانحدار نتيجة لنحات الأمواج لخط الشاطئ.

ستالاكتيت (هابط) **stalactite**

راسب يتدلى من أسقف الكهوف ويتكون نتيجة لبخر المحاليل فتبدو كدلايات من السقف.

ستالاجمايت (صاعد) stalagmite

راسب يتكون نتيجة لتبخر المحاليل على أرضيات الكهوف فيبدو كأنه صاعد من الأرضية.

نجم star

كتلة هائلة من الغازات المتوهجة الملتهبة فى السماء ، مثل الشمس.

صبة داخلية steinkern

قالب داخلى لصدفة مثلا.

ستوك stock

جسم من الصخور النارية، بيضى الشكل أو دائرى يزداد حجمه مع زيادة العمق، وأرضيته غير معلومة ومساحة سطحة المنكشفة أقل من الميل المربع.

اجتياح stoping

إحدى العمليات التى يتم بواسطتها تدخل الصخور النارية فى صخر إقليمى، حيث تتحرك الصهارة إلى أعلى وتتكسر أجزاء من الصخر الاقليمى وتسقط فى الصهارة حيث تندمج مع الكتلة المنصهرة.

طباقية stratification

وجود الصخور فى شكل طبقات فى الصخور الرسوبية.

استراتجرافيا stratigraphy

فرع من الجيولوجيا يختص بتعرف وتفسير الصخور الطباقية وبخاصة ليثولوجيتها، وتتابعها، وتوزيعها وكذلك مضاهاتها.

بركان طباقى stratovolcano

انظر: مخروط مركب Composite come.

طبقة **stratum**

طبقة مفردة أو سطيحة من الصخور الرسوبية.

حُكَاكَـة (مـخـدش) **streak**

لون مسحوق المعدن الناعم، ويعين بحك المعدن بقطعة من البورسلين غير المصقول.

لَوْحَـةُ الحُكَاكَـة (المَحَكّ) **streak plate**

قطعة من البورسلين غير المصقول أو قالب منه يستخدم لتعيين مخدش المعدن (حكاكة المعدن).

أَسْر نهرى **stream capture**

انظر: القرصنة النهرية **stream piracy**.

قرصنة نهرية **stream piracy**

انتقال الماء من نهر إلى نهر آخر نتيجة لاختلاف ميل المجرى.

محـزز(مُـثلّم - مخطط) **striate**

وصف لِما به حزوز أو ثلم.

تحزز **striation**

خطوط دقيقة متوازية بينها مسافات ضيقة للغاية.

مَضْرِب **strike**

اتجاه الخط (حقيقى أو وهمى) الناتج عن تقاطع طبقة أو طبيقة مع المستوى الأفقى ، ويكون المضربُ عموديا على الميل.

صَدْعُ مضرِب مُنْزلق **strike - slip fault**

صدع تكون فيه الحركة فى اتجاه مضرب الصدع.

structural geology **چيولوچيا بنائية**

فرع من الچيولوچيا يختص بدراسة بنيات الأرض (الصخور وعلاقتها بعضها ببعض).

structure **بِنية**

ظاهرة فيزيقية للصخور، مثل التمفصل والتطبق والطى والتشقق وغيرها.

subglacial stream **نهر تحت جليدى**

نهر يسرى فى نفق تحت مثلجة.

sublimation **تسامى**

عملية تتغير فيها المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مباشرة دون المرور بالحالة السائلة، ثم ترجع مرة أخرى إلى الحالة الصلبة دون المرور بالحالة السائلة.

subsidence **هبوط**

هبوط القشرة الأرضية إلى أسفل.

subsurface **تحت السطح**

انظر: مياه أرضية **ground water**.

subterranean water **مياه تحت أرضية**

انظر: مياه أرضية **ground water**.

superposition law **قانون تعاقب الطبقات**

قانون ينص على أنه فى أى تتابع صخرى لم يتعرض للاضطراب، تكون الطبقات الأحدث فوق الطبقات الأقدم منها.

suspension **تَعَلُّق**

الحالة التى تكون فيها حمولة النهر مُعَلَّقة فى الماء ؛ بين القاع والسطح.

درز **suture**

الخط الذى يصل بين جـزئين فى تركـيب كـائن حى ؛ فى الزنبــقــانيــات هـو الخط الذى يصل بين لوحــين، وفى البطنقدميات هو الخط الواصل بين اللفات كما يظهر من خارج الصدفة، وفى الرأسقدميات هو الخط الواصل بين الحاجز وجدار الصدفة.

طية متماثلة **symmetrical fold**

طية يكون المستوى المحورى فيها رأسيا، ويكون الميل فى كل طرف من طرفى الطية متساويا.

تماثل طية **symmetry of fold**

التكرار المكوس لأجزاء الطية بالنسبة لمحورها.

قَعيِرة **syncline**

طية مقعرة لأسفل فى الصخور الطباقية.

نظام **system**

فى الاستراتجرافيا : الصخور التى تكونت خلال فترة معينة، وفى الاصطلاح الزمنى الاستراتجرافى : الثانى فى المرتبة فوق النسق **series** وفى علم المعادن : أحد ستة أقسام تنقسم إليها البلورات على أساس التماثل.

- T -

نَضُدِىّ **tabular**

جسم له سطح كبير متسطح ورقيق نسبيا.

كعب (تالوس) **talus**

كتلة من الركام الصخرى تتجمع عند سافلة تل شديد الانحدار أو جرف.

بحيرة جبلية **tarn**

بحيرة جبلية صغيرة تكونت فى دارة بعد إزالة جليد المثلجة.

فقدان اللمعان **tarnish**

تغير فى درجة لمعان السطح فى المعادن الفلزية.

تصنيف **taxonomy**

فرع من العلم يختص بالتقسيم، وبخاصة فى النبات والحيوان.

زلزال تكتونى **tectonic earthquake**

زلزال ينشأ من حركة قشرية تكتونية مثل التصدع.

حركة تكتونية **tectonic movement**

حركة تنشأ من تحرف القشرة الأرضية.

تماسك **tenacity**

مقاومة المعادن ضد الكسر، وتوصف المعادن بأنها إما أن تكون قابلة للطرق، أو قابلة للسحب، أو قابلة للقطع، أو قصيفة.

رُكَامٌ طرفى **terminal moraine**

ركام يتكون عند أبعد نقطة تصل إليها المثلجة، يعرف أيضا باسم نهاية الركام.

الزمن الثالث **Tertiary**

أقدم فترة زمنية فى حقب الحياة الحديثة وهو أقدم من الزمن الرابع.

صدفة **test**

الغطاء الواقى فى بعض الحيوانات اللافقارية.

رباعى **tetragonal**

أحد النظم البلورية الستة.

نسيج **texture**

مظهر فيزيقى للصخر يتحدد بشكل المواد التى تُكَوِّن الصخر وحجمها وطريقة ترتيبها.

غِمْـد **theca**

فى الجوفمعويات: الجدار المحدد أو الموجود قريبا من حافة الهيكل الخارجى ؛ وفى الجلدشوكيات الهيكل الرئيسى للجسم (أو الكأس) الذى يُؤوى أجزاء جسم الحيوان الرخوة؛ وفى الجرابتوليتات هو أى فنجان أو أنبوية من المستعمرة.

صدر **thorax**

فى الترايلوبيتا : جزء الجسم الموجود بين الرأس والذنب.

صدع دسر **thrust fault**

صدع يكون فيه الحائط المعلق قد تحرك إلى أعلى بالنسبة للحائط السفلى، ويعرف أيضا بالصدع المعكوس.

حـــريث **till**

راسب مثلجى، غير متطبق وغير متماسك.

حريث متـصلب **tillite**

راسب مثلجى متطبق ومتماسك.

وحـــدة زمنيـــة **time-unit**

جزء من الزمن الجيولوجى المستمر، مثال ذلك الأحقاب والأدوار والعصور والأعمار والأحيان.

وحدة زمنية صخرية **time-rock unit**

انظر: وحدة زمنية استراتجرافية.

وحدة زمنية استراتجرافية **time-stratigraphic unit**

مصطلح يطلق على الوحدات الصخرية التى لها حدود محددة بزمن جيولوجى، طبقات ترسبت خلال أجزاء من الزمن الجيولوجى، مثال ذلك التجمعات erathem، والنظم systems، والأنساق series، والطوابق stages.

تومبولو **tombolo**

شريط من الأرض ترسب ليصل جزيرة صغيرة بالبر، أو بجزيرة أخرى.

طوبوغرافية **topography**

الملامح الفيزيقية الموجودة على سطح الأرض وتوزيعها وأشكالها.

صدوع محوّلة **transform faults**

الصدوع التى يتمزق بها أحد الألواح التكتونية على امتداد الآخر.

نقل **transportation**

العملية التى تُحمّل فيها المواد الصخرية وتنقل من مكان لآخر.

صخر مصيدة **trap-rock**

مصطلح عام يطلق على أنواع معينة من الصخور النارية الدكناء مثل الديابيز والبازلت. ويسمى مثل هذا النوع من الصخور مصيدة.

ترافرتين **travertine**

ضرب من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ يترسب من المياه الأرضية أو السطحية. وتتكون بعض التكاوين التحت أرضية مثل الاستالاكتيت والاستلاجميت من الترافرتين، وتوجد مثل هذه الرواسب أيضا حول مخارج بعض الينابيع المائية، ويعرف الترافرتين أيضا باسم الطوفا tufa.

خنادق **trenches**

مخانسف عميقة فى أرضية المحيط شكلها مثل حرف V، حيث يغوص أحد الألواح التكتونية تحت لوح آخر.

ترياسى **Triassic**

اقدم أدوار حقب الحياة المتوسطة، وهو يأتى بعد الدور البرمى، آخر أدوار حقب الحياة القديمة ويسبق الدور الجوراسى فى حقب الحياة المتوسطة.

ثلاثى الميل **triclinic**

أحد النظم البلورية الستة.

ثلاثى الزوايا **trigonal**

جسم له ثلاث زوايا.

ترايلوبيت (ثلاثى الفصوص) **trilobite**

من المفصليات البحرية المنقرضة، وله جسم مفلطح مكون من أجزاء (فصوص) يغطيه هيكل خارجى ظهرى صلب وينقسم الجسم إلى ثلاثة فصوص طولا وعرضا.

اسم صغير **trivial name**

الاسم اللاتينى الذى يضاف إلى اسم الجنس للتمييز بين الأنواع؛ ويعرف أيضا بالاسم النوعى **specific name**.

تسونامى **tsunami**

موجة بحرية سيزمية عملاقة تنشأ من زلزال تحت بحرى أو أية اضطرابات على أرضية البحر، وتسمى أيضا موجة المد **tidal wave**.

توفا (طوفا) **tufa**

رواسب جيرية مسامية تتجمع حول الينابيع، وتسمى التوفا الجيرية أحيانا باسم الترافرتين.

تيارات تعكير **turbidity currents**

تيارات قوية تنتج من انزلاق الطين إلى أسفل المنحدرات القارية فى المحيط.

بلورة توأم **twin crystal**

بلورتان أو أكثر تنموان معا بطريقة متداخلة.

منطقة طرازية **type locality**

الموقع الجغرافى الذى وصف منه التكوين لأول مرة، أو الذى أتت منه العينة الطرازية لنوع حفرى ما، ويستمد التكوين اسمه من الاسم الجغرافى لهذا الموقع.

- U -

لا توافق **unconformity**

انقطاع فى الترسيب نتيجة لعمليات التحات : أى مكان فى القشرة الأرضية حدثت فيه عمليات تحات للأساس الصخرى وترسبت فوقه صخور رسوبية أحدث. ومن أنواع اللاتوافق:

لا توافق زاوى **angular unconformity**

نوع من أنواع عدم التوافق حيث حدث تحرف للطبقات الموجودة تحت طبقات عدم التوافق وذلك قبل ترسيب الطبقات التى تعلوها.

لا توافق تخالفى **disconformity**

نوع من عدم التوافق تكون فيه الطبقات فوق وتحت سطح عدم التوافق متوازية.

لا توافق غير متجانس **nonconformity**

نوع من عدم التوافق يتكون من ترسيب صخور رسوبية فوق صخور من أصل ناري.

شبه توافق **paraconformity**

نوع من عدم التوافق يتميز بأن سطح التماس بين الطبقات المتوازية يكون مستويا.

مياه تحت أرضية **underground water**

انظر: مياه أرضية **ground water**.

وحيد الخلية **unicellular**

كائن حى يتكون من خلية واحدة.

الاطرادية (نظرية الوتيرة الواحدة) **uniformitarianism**

المبدأ القائل بأن الحاضر هو مفتاح الماضى، ويفسر ذلك بأن أفضل طريقة لاستنتاج الماضى الجيولوچى هى تفهم الحاضر الجيولوچى.

صخور غير متطبقة **unstratified rocks**

صخور ليست متطبقة وليست على هيئة سطائح.

- V -

وادى **valley**

منخفض مستطيل فى سطح الأرض يجرى فيه نهر فى العادة.

وادٍ مثلجى **valley, glacier**

انظر: مثلجة البية **Alpine glacier**.

valley, train — **وادى متسلسل**

سهل فيضانى ذو انحدار لطيف يتكون من رواسب توضعت من المياه التى تنساب من عند قدم الوادى المثلجى.

valve — **مـصـراع**

جزء أو أكثر من الأجزاء التى تكوّن صدفة الحيوان.

variety — **ضـرب**

فى علم المعادن: مرتبة فى عالم المعادن تحت رتبة النوع.

varves — **حـوليـات**

أزواج من سطائح الرسوبيات (إحداها غليظة التحبب والأخرى دقيقة التخبب)، وتترسب الحولية فى بحيرة مثلجية فى سنة واحدة.

vascular — **وعـائى**

اصطلاح يختص بالأنابيب أو الأوعية التى تسرى فيها الموائع فى أوعية النبات أو الحيوان.

vein — **عِـرْق**

وجود خام معدنى على هيئة فريش تقريبا ذى سمك قليل، لكنه يمتد طولا وعمقا.

vent — **قصبة**

الفجوة الراسية أو الأنبوب الذى ترتفع فيه الصهارة فى مركز البركان.

ventifacts — **وَجهـريحيـات**

أحجار صقلت وأصبحت ناعمة وتغيرت أشكالها نتيجة لعملية برى بالرياح.

بطنى **ventral**

ما يختص بالبطن abdomen ويقابل هذا المصطلح مصطلح ظهرى dorsal الذى يخص الظهر back.

فقارى **vertebrate**

حيوان له عمود فقرى (شوكى).

صخر فقاعى **vesicular rock**

صخر يتميز بوجود فراغات عديدة صغيرة تنشأ نتيجة لتمدد الغازات.

بنية لاوظيفية **vestigial structure**

بنية تقلص حجمها وأصبحت بلا وظيفة لها خلال التغير التطورى.

زجاجى **vitreous**

صفة لما ينسب إلى الزجاج.

رماد بركانى **volcanic ash**

الجسيمات الصخرية الدقيقة التى تنتشر خلال ثوران البركان.

كتلة بركانية **volcanic block**

كسرة صخرية صلبة حادة الزوايا تقذف من البركان خلال ثورانه.

قنبلة بركانية **volcanic bomb**

كتلة من الصهارة التى بردت ولها شكل يشبه الدموع تقذف أثناء ثوران البركان.

زجاج بركانى **volcanic glass**

صخر عديم التبلور تكون نتيجة التبريد السريع للافا.

عنق بركانى **volcanic neck**

مواد صخرية متصلبة تكونت عن برودة الصهير وتصلبه فى القصبة المركزية للبركان.

درع بركانى **volcanic shield**

انظر: بُركان درعى **shield volcano**.

بَرْكَنَة **volcanism**

التأثيرات التى تحدثها الصخور المنصهرة والبراكين أو النشاط البركانى.

بركان **volcano**

فتحة فى صخور القشرة الأرضية تخرج منها المواد البركانية، كذلك يطلق هذا الاسم على شكل الأرض المتكون نتيجة لتراكم المواد البركانية حول قصبة البركان.

براكين أنديزيتية **volcanoes, andesitic**

براكين متفجرة توجد على الجوانب القارية للخنادق **trenches** بصفة أساسية، وتتكون من الماء والمواد المتطايرة التى تتفجر من البراكين نتيجة للتغيرات التى تعتريها عند الأطراف الهابطة من القشرة المحيطية.

براكين بازلتية **volcanoes, basaltic**

براكين هادئة توجد بصفة أساسية على امتداد حيود وسط المحيط عند أماكن تيارات الحمل الصاعدة فى الوشاح الصخرى.

بركنة **vulcanism**

انظر: بركنة **volcanism**.

فجوة مائية **water gap**

وادٍ أو ممر فى حيد جبلى ينساب فيه نهر.

منسوب الماء **water table**

السطح الذى تكون فيه فراغات الصخور الموجودة أسفله مشبعة بالماء.

تجـــوية **weathering**

التكسير والتفكك الفيزيقى والكيميائى للصخور تحت الظروف الجوية العادية.

لفة **whorl**

دورة واحدة فى الصدفة الملفوفة.

فجـوة ريحـيـة **wind gap**

فجوة مائية هجرها النهر الذى كان يجرى فيها

- Z -

زُوِى **zoic-**

لاحقة معناها حياة (من أصل إغريقى *Zoe* = life).

نطاق **zone**

جزء من التكوين **formation**، يتميز بحفريات خاصة.

مسكن **zooecium**

أنبوب أو حجرة يشغلها فرد من مستعمرة الحزازانيات **bryozoans**.

فهرس Index

لمصطلحات الچيولوچيا (باللغة العربية)

المصطلح		رقم الصفحة
باللغة العربية	باللغة الإنجليزية	
		٢٤٠، ٢٤٤، ٢٤٥، ٢٤٦، ٢٤٧، ٢٤٨، ٢٤٩، ٢٥٠، ٢٥١، ٢٥٢، ٢٥٣، ٢٥٤، ٢٥٥، ٢٥٦، ٢٥٧، ٢٥٨، ٢٦٤، ٢٦٧، ٢٧٠، ٢٧٢، ٢٧٣، ٢٧٧، ٢٧٩، ٢٨٠، ٢٨٣، ٢٨٥، ٢٨٦، ٢٨٧، ٢٨٩، ٢٩٠، ٢٩١، ٢٩٢، ٢٩٥، ٢٩٦، ٢٩٩، ٣٠٠، ٣٠٥، ٣٥٠، ٣٦٣، ٣٦٩، ٣٨١، ٣٨٤، ٤٠١، ٤٠٢، ٤٠٤، ٤١٥، ٤١٦، ٤١٧، ٤١٨، ٤١٩، ٤٢٠، ٤٢١، ٤٢٢، ٤٢٣، ٤٢٤، ٤٢٥، ٤٢٦، ٤٢٨، ٤٢٩
أركوز	arkose	١١٦، ٣٧١، ٤٣٣، ٤٣٤، ٤٣٦
أركيوبتيركس	Archaeopteryx	١٢٠، ٣٥٣، ٣٦٨، ٣٩٢
أركيوزوي - حقب	Archaeozoic era	٣٦٩، ٣٧٠، ٣٧١
إزاحة	displacement	٤٢، ١٢٨، ١٣٩، ١٤١، ١٤٢، ١٤٣، ٢٢٨، ٢٤٦
أزوريت	azurite	٥٤، ٧٥، ٧٦
أسبستوس	asbestos	٥٦، ٥٨، ٦٨، ٧٣، ٨٣، ٢٧٢
استراتجرافيا (علم الطبقات)	stratigraphy	٣٤٤
أستراكودا	ostracodes	٣١٠، ٣٣١، ٣٣٣
استعادة الشباب - التصابي	rejuvenation	١٧٠، ١٧٣
إسفنجيات	sponges	٣١٥، ٣١٦، ٣٧٤، ٣٨٠
إسكرات	eskers	١٩٩، ٢٠٠
أسماك	pisces (Fish)	٢٩٦، ٢٩٨، ٣٠٣، ٣٠٤، ٣٣٦، ٣٣٨، ٣٤٢، ٣٤٣، ٣٤٤، ٣٤٧، ٣٧٦، ٣٧٧، ٣٧٨، ٣٧٩، ٣٨١، ٣٨٣، ٣٨٦، ٣٨٧، ٣٨٨، ٣٩١، ٣٩٥، ٤٠٣
أسماك عظمية	osteichthyes	٣٤٣، ٣٤٤، ٣٨٧، ٣٩١، ٤٠٣
أسماك غضروفية	chondrichthyes	٣٤٣
أسماك - لافكيات	ostracoderms	٣٤٣
اعوجاج	warping	١٣٤، ١٣٥، ١٣٨، ٢٢٨
اقتلاع	plucking	١٦٢، ١٩٣، ١٩٥
اقتلاع بالماء	hydraulic plucking	١٦٢
أقواس البحر	sea arches	٢٢٧
أكتينوليت	actinolite	٦٨، ٨٣

المصطلح		رقم الصفحة
باللغة العربية	باللغة الإنجليزية	
إكثيصورات	Ichthyosaurs	٢٨٨، ٢٩٢، ٢٩٦، ٢٩٧
أكسدة	oxidation	١٣٦، ١٤٧
ألبيت	albite	٤٩، ٦٢، ٦٥
ألومنيوم	aluminium	٤٥، ٦٤، ٦٧، ٧٢، ٧٣، ٩٣، ٢٦٨، ٢٥٧، ٢٧٠، ٣٧١
أمفيبولات	amphiboles	٦٨، ٦٩
أمونيدات	ammonoidea	٣٢٧، ٣٢٨، ٣٢٩، ٣٣٠
انتشار أرضية البحر	sea-floor spreading	٤١٨، ٤١٩، ٤٢٢
انجراف قاري	continental drift	١٤٢، ١٤٣، ٤١٥، ٤١٦، ٤١٨، ٤٢٩
انزلاقات أرضية	landslides	٢١٢، ٢١٣، ٢١٤، ٢٣٩، ٢٤٠، ٢٤٨، ٢٥٠، ٢٥١، ٣٧٢
إنسان بكين	Peking man	٤٠٩، ٤١١
إنسان بلتدون	Piltdown man	٤١٢
إنسان جاوة	Java Ape-man	٤١٠، ٤١١
إنسان شرق أفريقيا	East Africa man	٤٠٩
إنسان نياندرثال	Neanderthal man	٤١١، ٤١٢
إنسان هايدلبرج	Heidelberg Man	٤١١
انقطاع موهورفيشيك	Mohorovicic discontinuity	٢٥٨
أنهار	streams (rivers)	١٤٩، ١٥٧، ١٥٨، ١٥٩، ١٦٠، ١٦١، ١٦٢، ١٦٣، ١٦٤، ١٦٦، ١٦٧، ١٦٨، ١٦٩، ١٧٠، ١٧١، ١٧٢، ١٧٣، ١٧٤، ١٧٥، ١٨٧، ١٨٨، ١٨٩، ١٩١، ١٩٥، ١٩٩، ٢٠٠، ٢٠١، ٢١٠، ٢١٢، ٢١٣، ٢١٩، ٢٢٠، ٢٢١، ٢٢٢، ٢٣١، ٢٣٢، ٢٤٠، ٢٤١، ٢٤٣، ٢٤٤، ٢٥١، ٢٦٠، ٢٦١، ٢٧١، ٢٧٢، ٢٨٦، ٣٥١، ٣٩٤، ٤٠١
أنهيدريت	anhydrite	٧١، ٧٢، ٨٣، ١٢١، ١٤٨
أوبسيديان	obsidian	٩١، ٩٢
أوجيت	augite	٦٨، ٨٧، ٣٠٩، ٤٤٥
أوليجوسين	Oligocene	٣٥٧، ٣٦٠، ٣٦١، ٤٠٠
إيوسين	Eocene	٢٩٩، ٣٤٣، ٣٤٤، ٣٥٧، ٣٥٨، ٣٦٠، ٣٩٩، ٤٠٤، ٤٠٥، ٤٠٨، ٤٨٦

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية	رقم الصفحة
(ب)		
باثوليثات	batholiths	٩٥، ٩٦
باريت	baryte	٥١
بازلت	basalt	٨٩، ٩٠، ٩١، ٩٤، ٩٧، ١٠٣، ١٠٥، ١٠٧، ١٤٣، ١٦٥، ٢٥٧
باطن	core	٢٧، ٤٢، ١٠٨، ١٢٧، ٢٥٤، ٢٥٧، ٤١٧، ٤٢٣، ٤٢٨
باليوزوى	palaeozoic	١٣٥، ١٣٦، ٢٨٤، ٣١٦، ٣١٨، ٣٧٢، ٣٧٣، ٣٨٤
باليوسين	Palaeocene	٣٥٧، ٣٥٨، ٣٩٩، ٤٠٤، ٤٠٧
بترول	petroleum	٤٣، ٧٢، ١١٥، ١٧٦، ٢٦٧، ٢٦٨، ٢٦٩، ٢٧٠، ٢٧٤، ٢٩٦، ٣١٠، ٣٦١، ٤٠٢
بتيروصورات	pterosaurs	٣٦١، ٣٤٨
بجماتيت	pegmatite	٦٧، ٨٢، ٨٦، ٨٧، ٩٣
بحيرات	lakes	٢٧، ٣٩، ٧٩، ١٠٨، ١٢٤، ١٦٣، ١٦٥، ١٦٦، ١٧٢، ١٧٣، ١٧٥، ١٧٨، ١٨٢، ١٨٧، ١٨٨، ١٩٣، ٢٠١، ٢٠٦، ٢٠٧، ٢٠٩، ٢٣٧، ٢٣٨، ٢٤٢، ٢٤٣، ٢٤٤
بحيرة جبلية	tarn	١٩٣، ٢٣٩
براكين	volcanoes	٨٨، ٩١، ٩٧، ٨، ٩٩، ١٠٠، ١٠١، ١٠٢، ١٠٣، ١٠٤، ١٠٥، ١٠٦، ١٠٧، ١١٠، ١١٢، ٢٣٨، ٢٤١، ٢٤٦، ٢٦٠، ٢٩٨، ٣٨٠، ٤١٧، ٤١٩، ٤٢٠، ٤٢٧، ٤٢٩، ٤٣٦
برخان	barchan	٢٠٩، ٢١٠
برعميات	blastoidea	٣٣٥، ٣٣٦
بركنة	volcanism	٤٢، ٨٥، ١٠٠، ١٠٨، ١٢٣، ٢٠٣
برمائيات	amphibia	٢٩٦، ٣٤٥، ٣٤٦، ٣٦٧، ٣٦٨، ٣٨١، ٣٨٣، ٣٨٥، ٣٨٦، ٣٨٧، ٣٨٨، ٣٩١، ٣٩٨، ٤٠٣
بروتوزوا	protozoa	٣٦٧، ٣٧٤، ٣٧٥
بريدوتيت	peridotite	٨٦، ٨٨
بريوزوا	bryozoa	٣٢٠، ٣٧٥، ٣٧٨، ٣٨٣، ٤٠٢
بطنقدميات	gastropoda	٣٣٣، ٣٣٥، ٣٣٦، ٣٣٧، ٣٨٠، ٣٨٧، ٣٩١، ٣٩٥، ٤٠٢
بقايا قرود تشبه الإنسان	Australopilthecines	٤٠٨
بلاجيوكليز	plagioclase	٦٢، ٦٤، ٦٥، ٨٧، ٩٠

المصطلح		رقم الصفحة
باللغة العربية	باللغة الإنجليزية	
بلاكودرمى	placodermi	٢٨١
بلسيوصورات	plesiosaurs	٣٤٧، ٣٨٨، ٣٩٢، ٣٩٦، ٣٩٧
بلورات	crystals	٤٦، ٤٧، ٤٨، ٤٩، ٨٠، ٥١، ٦١، ٥٦، ٥٧، ٦١، ٦٢، ٦٥، ٦٦، ٦٧، ٦٨، ٦٩، ٧٠، ٧٣، ٧٥، ٧٨، ٨٥، ٨٤، ٨٦، ٨٧، ٨٩، ٩٠، ٩١، ٩٢، ٩٣، ١٢٥، ١٢٨، ١٢٩، ١٣٠، ١٨٥
بلورات كبيرة	phenocrysts	٨٦، ٩٣
بليستوسين	Pleistocene	١٨٧، ٣٥٥، ٣٥٦، ٣٥٨، ٣٦٠، ٣٦١
بليميتات	belemnites	٣٣٠، ٣٩١، ٣٩٥، ٤٠٠
بليوسين	Pliocene	٣٥٥، ٤٠٥، ٤٠١، ٤٠٦
بنـاء	aggradation	٤١، ٤٢، ٥٦، ٦٦، ٦٩، ٧٠، ٨٢، ٨٣، ٨٧، ٨٨، ٩٩، ١١٦، ١٢١، ١٢٣، ٢٢٦، ٢٣٣
بنتلنديت	pentlandite	٨٠
بوكسيت	bauxite	٧٤
بيروكسين	pyroxene	٦٨، ٨٨، ٩٠، ٩٤
بيريت	pyrite	٥٤، ٥٩، ٦٠، ٦٢، ٧٥، ٧٦، ٨٠
بيوتيت	biotite	٦٧، ٨٧، ٨٩، ٩٤، ١٢٨، ١٣٠
بيولوجيا	biology	٢٩، ١٨٨، ٢٩٥، ٣٦٣، ٣٦٤، ٣٦٦، ٣٦٩، ٣٩٧
(ت)		
تآكّل	corrosion	١٦٤
تتابع فونى	faunal succession,	٢٩٤
تجاويف	coves	٣٢٢
تجوية	weathering	١٣٨، ١٤٦، ١٤٥، ١٤٧، ١٤٨، ١٤٩، ١٥٠، ١٥١، ١٥٢، ١٥٣
تحات	erosion	٩٤، ٩٦، ١٠٠، ١٥١، ١٦١، ١٦٢، ١٧٠، ١٧١، ١٩٢، ١٩٣، ٢٣٩
تحجر	petrifaction	٢٩٨، ٣٠٣، ٣٠٦
تحجير (اقتلاع)	quarrying	١٦٢، ١٩٣، ١٩٥
تحرف	deformation	٤٢، ١٠٨، ١٢٧، ١٢٨، ١٢٩، ١٣٣، ١٣٤
تذرية	deflation	٢٠٤، ٢٠٥
ترافرتين	travertine	١٢٠، ١٥٣، ١٨٣، ١٨٤

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية	رقم الصفحة
ترايلوبيتات	trilobites	٢٩٦، ٣٣١، ٣٣٢، ٣٣٣، ٣٧٢، ٣٧٣، ٣٧٤، ٣٧٥، ٣٧٨، ٣٨٠، ٣٨٤، ٣٨٤، ٣٩١
تربة	soil	٢٧، ٣٠، ٣١، ٣٩، ١٤٥، ١٤٧، ١٤٨، ١٥٣، ١٥٤، ١٥٥، ١٧٦، ١٧٧، ١٨١، ١٨٦، ١٩٦، ١٩٦، ١٩٧، ٢٠٤، ٢١١، ٢١٣، ٢١٥، ٢١٧، ٢١٩، ٢٥٣، ٢٨٦، ٣٠٠، ٣٩٠، ٤٠١
ترسيب	deposition	١١٦، ١٢٥، ١٤٤، ١٦٧، ١٨١، ١٨٣، ١٨٤، ١٩٢، ٢٠٧، ٢٠٨، ٢٢٣، ٢٢٥، ٢٢٨، ٢٣٣، ٢٣٤، ٢٤٠، ٢٤٣، ٢٧١، ٢٨٦، ٢٩١، ٢٩٢، ٢٩٤، ٣٠٣، ٣٦٩، ٣٧٠، ٣٨٢، ٣٨٢، ٣٩٠، ٣٩٤، ٤٣٦
تريموليت	tremolite	٦٨، ٨٣
تسمية ثنائية	binomial nomenclature	٣٠٦، ٣٠٧
تسونامى	tsunami	٢٢٥، ٢٤٩، ٢٥١، ٢٥٢
تصدع	faulting	٢٢٢، ٢٤٦، ٢٦٣، ٢٦٤، ٢٦٥
تضوء	luminescence	٦١
تطبق	stratification	١٢٢، ١٢٥، ١٢٨، ١٣٢، ١٣٦، ٢١٠
تطور	evolution	٢٨، ٣٠، ٣٣، ٣٤، ١٠٠، ١١٠، ١٤٣، ١٦٤، ١٧١
تقشر - تورق	exfoliation	١٢٩، ١٥١، ١٥٢
تكاوين طمية	alluvial formations	١٦٨
تكتونية (تكتنة)	tectonism	١٣٣، ١٣٤، ١٤١، ١٧١
تكربن	carbonization	١٢١، ٢٦٨، ٣٠٣
تلال صغيرة	drumlins	١٩٥، ١٩٦، ١٩٨، ٢٠٠، ٢٠٧
تماسيح	crocodiles	٣٤٨، ٣٨٨، ٤٠٣
تمزلج	sledding	
تمساح أميركا	alligator	٣٤٨
تمعدن لاحق	permineralization	٣٠٣
تموه(هدرتة)	hydration	١٤٧، ١٤٨
تندرا	tundra	٣٠٠، ٣٦١
تهشم	diastrophism	٣٠٣
توائم	twins	٦٢
توازن (أيزوستاسية)	isostasy	١٤٣، ١٤٤

المصطلح		رقم الصفحة
باللغة العربية	باللغة الإنجليزية	
جدار معلق	hanging wall	١٣٨، ١٣٩
جدد قاطعة	dykes	٩٤، ٣٧١
جدد موازية	sills	٩٥
جذوع	stocks	٩٦
جرابتوليثينا	graptolithina	٣٤٠
جرانيت	granite	٣٩، ٤٠، ٤٣، ٦١، ٦٥، ٦٧،٧٣، ٨٢، ٨٦، ٨٧، ٨٨، ٨٩، ٩١، ٩٢، ٩٣، ١١٦، ١٤٣، ١٩٩، ٢٤٢، ٢٥٧، ٢٦٤، ٢٧١، ٢٧٢، ٣٧٠، ٣٧٢، ٣٧٨، ٣٨٢
جروف بحرية	sea cliffs	١٣٣، ١٤٦، ٢٣٦، ٢٣٧، ٢٣٣
جروق	greywacke	١١٦، ١١٧، ٣٧٢، ٣٧٧
جريت	grit	١١٦، ٣٧٣، ٣٨١، ٣٨٢، ٣٨٩
جريت حجر الطاحون	millstone grit	٣٨١، ٣٨٢، ٣٨٩
جغرافيا قديمة	palaeogeography	٢٩٤
جلدشوكيات	echinodermata	٣٣٤، ٣٣٥، ٣٣٦، ٣٣٧، ٣٣٨، ٣٧٥، ٣٧٨، ٣٨٠، ٣٨١، ٣٩٥، ٤٠٢
جلدشوكيات هائمة	eleutherozoa	٣٣٥، ٣٣٦، ٣٣٧، ٣٣٨، ٣٧٥، ٣٧٨، ٣٨٠
جوفمعويات	ceolenterata	١١٩، ٣١٦، ٣٤٢
جير	lime	٤٣، ٦٩، ٧٠، ٧٦، ٧٧، ٧٩، ١١٣، ١١٥، ١١٨، ١١٩، ١٢٠، ١٢١، ١٢٣، ١٢٥، ١٢٧، ١٣٣، ١٤٨، ١٤٩، ١٥٠، ١٥٥، ١٦٢، ١٦٤، ١٨١، ٢٠١، ٢٢٥، ٢٣٤، ٢٤٠، ٢٦١، ٢٦٦، ٢٦٩، ٢٧٢، ٢٨٥، ٢٩٧، ٢٩٨، ٣٠١، ٣٠٥، ٣١٢، ٣٢٠، ٣٢٣، ٣٢٦، ٣٣٤، ٣٣٥، ٣٣٦، ٣٣٨، ٣٣٩، ٣٧٠، ٣٧٢، ٣٧٣، ٣٧٧، ٣٧٨، ٣٨٠، ٣٨١، ٣٨٢، ٣٨٣، ٣٨٤، ٣٨٥، ٣٨٦، ٣٨٩، ٣٩٠، ٣٩٢، ٣٩٤، ٣٩٥، ٤٠٠، ٤٢٣، ٤٢٤، ٤٣٦
جيزريت	geyserits	١٨٤
جيوتات	guyots	٢٢٢
جيولوجيا	geology	١، ٧، ٨، ٢٧، ٢٨، ٢٩، ٣٠، ٣١، ٣٢، ٣٣، ٣٤، ٣٩، ٤٠، ٤١، ٤٢، ٤٣، ٥١، ٦٢، ٧٤، ٨٧، ٩٧، ٩٨، ١٠٣، ١٢٣، ١٢٦، ١٣٥، ١٤١، ١٤٥، ١٤٦، ١٥٩، ١٦٣، ١٨٦، ٢٦٧، ٢٧٢، ٢٧٥، ٢٩٤، ٣٦٢،

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية	رقم الصفحة
		٣٦٩، ٣٧٨، ٣٩٧، ٤٠٧، ٤١٥، ٤١٧، ٤٢٠، ٤٢١، ٤٢٤، ٤٢٨، ٤٣١، ٤٣٥، ٤٣٦
جيومورفولوجيا	geomorphology	٣٣
(ح)		
حبليات	chordata	٣٠٧، ٣٠٨، ٣٤٠، ٣٤٥، ٣٦٧، ٣٦٨
حجر جيرى	limestone	٢٩، ٣٠، ٣١، ٣٩، ٤٣، ٧٠، ٧٦، ٧٧، ٧٩، ٨٣، ١١٣، ١١٨، ١٢٠، ١٢١، ١٢٣، ١٢٧، ١٣٢، ١٤٨، ١٤٩، ١٥٥، ١٦٢، ١٦٤، ٢٠١، ٢٤٠، ٢٦١، ٢٦٦، ٢٦٩، ٢٧٢، ٢٨٥، ٣٠٥، ٣١٢، ٣٧٠، ٣٧٢، ٣٧٣، ٣٧٨، ٣٨٠، ٣٨١، ٣٨٢، ٣٨٣، ٣٨٤، ٣٨٥، ٣٨٦، ٣٨٩، ٣٩٠، ٣٩٢، ٣٩٣، ٣٩٤، ٤٢٣، ٤٢٤، ٤٣٦
حجر خفاف (نشف)	pumice	٨٩، ٩١، ٩٣، ١١٢
حجر رملى	sandstone	٣٩، ٦٥، ٦٦، ٨٢، ١١٢، ١١٣، ١١٧، ١٢٧، ١٣٩، ١٥٠، ١٧٧، ١٧٩، ١٨٥، ٢٠٦، ٢٧٢، ٢٧١، ٢٨٠، ٢٨٢، ٢٨٣، ٢٨٤، ٢٩٠، ٣٩٣، ٤٢٣، ٤٢٤، ٤٣٦
حجر رملى أحمر قديم	Old Red Sandstone	١٦٩، ٢٩٢، ٣٧٩، ٣٨٠، ٣٨١، ٣٩٠
حجر مَعديّ	gastroliths	٣٠٦
حدود بنَائية	constructive boundaries	٤٢٤
حدود محافظة	conservative boundaries	٤٢٥
حدود هدامة	destructive boundaries	٤١، ٤٢، ٤٢٤
حديد	iron	٢٧، ٤٥، ٦١، ٦٢، ٦٥، ٦٧، ٦٨، ٦٩، ٧٣، ٧٥، ٧٩، ٨٠، ٩٣، ١١٦، ١١٧، ١١٩، ١٢٢، ١٤٧، ١٤٨، ١٥٤، ١٥٥، ٢٠٥، ٢٥٨، ٢٧٠، ٢٧١، ٣٠٤، ٣٧٠، ٣٨٩، ٣٩٣، ٤٢٠، ٤٢٨
حرث	ploughing	١٩٣
حركات إيروجينية	Epeirogenic movements	١٢٣، ١٣٤
حركات الكتلة	mass movements	٢١١، ٢١٢، ٢١٣، ٢٣٩
حركات أوروجينية	Orogenic movements	١٣٤، ٢٧١، ٢٨٤، ٤٠٠
حركات قشرية	crustal movements	١٢٣، ١٤١، ٢٢٨، ٢٤٥
حركة أرموريكية	Armorican orogeny	٢٨٢، ٢٨٤
حركة كاليدونية	Caledonian orogeny	٢٧٧، ٢٧٨، ٢٧٩

المصطلح		رقم الصفحة
باللغة العربية	باللغة الإنجليزية	
حركية ألبية	Alpine Orogeny	٤٠٠
حريث	till	١١٨، ١٩٧، ١٩٨
حفريات	fossils	٢٨، ٢٩، ٣١، ٣٢، ٣٣، ٣٤، ٨٥، ١٢٠، ١٢٦، ١٢٨، ٢٢٠، ٢٣٤، ٢٨٢، ٢٨٣، ٢٨٥، ٢٩٤، ٢٩٥، ٢٩٦، ٢٩٧، ٢٩٨، ٢٩٩، ٣٠١، ٣٠٣، ٣٠٤، ٣٠٦، ٣٠٧، ٣٠٩، ٣١٠، ٣١١، ٣١٢، ٣١٣، ٣١٤، ٣١٥، ٣١٦، ٣١٧، ٣١٩، ٣٢٠، ٣٢٢، ٣٢٣، ٣٢٤، ٣٢٥، ٣٢٨، ٣٣٠، ٣٣١، ٣٣٣، ٣٣٤، ٣٣٥، ٣٣٩، ٣٤٠، ٣٤٢، ٣٤٣، ٣٤٤، ٣٤٥، ٣٥٣، ٣٥٤، ٣٥٥، ٣٦٠، ٣٦١، ٣٦٢، ٣٦٨، ٣٧٠، ٣٧٢، ٣٧٣، ٣٧٥، ٣٨٠، ٣٨٣، ٣٩١، ٣٩٢، ٣٩٤، ٣٩٥، ٤٠٢، ٤٠٣، ٤١٠، ٤١٥
حقب الميزوزوى	Mesozoic Era	٢٨٤، ٣١٩، ٣٢٥، ٣٢٦، ٣٢٩، ٣٣٠، ٣٣٥، ٣٤٤، ٣٤٨، ٣٤٩، ٣٥٤، ٣٨٥، ٣٩٥، ٤٠٢، ٤٠٣، ٤٢٢
حقب البروتيروزوى	Proterozoic Era	٣٦٩، ٣٧٠
حقب ماقبل الكمبرى	Pre-Cambrian Era	٢٨٣، ٣١٢، ٣١٦، ٣٣١، ٣٦٩، ٣٧٠، ٣٧١، ٣٧٢
حكاكة	streak	٥٥
حمّات (مراجل)	geysers	١٠٩، ١١٠، ١٨١، ١٨٣، ١٨٤
حنائر محدبة	anticlines	٣٦٣، ٣٦٩
حنائر مقعرة عظمى	geosynclines	١٣٥، ١٣٧، ١٥٠، ١٥١
حيود وسط المحيط	mid- ocean ridges	٣٣٢، ٤١٧، ٤١٨، ٤١٩، ٤٢١، ٤٢٣، ٤٢٤، ٤٢٦
(خ)		
خرائط	maps	٣٦٩، ٤٣١
خصائص فيزيقية	Physical characteristics	١٠٣، ١٢٢، ١٢٩
خطوط الساحل	shorelines	١٤٣، ٢١٧، ٢٢٤، ٢٢٨، ٢٣٠، ٢٣١، ٢٣٣، ٢٣٤، ٢٤٠
خيار البحر	stelleroidea	٣٣٧
(د)		
داخنات	fumaroles	٩٨، ١٠٩
دالرادى	Dalradian	٣٧٢
درنات صخرية	concretions	١٧٥، ١٥١، ١٨٥
دلتات	deltas	١١٦، ١٧٤، ١٩٩، ٢١٠، ٢٣١، ٢٤٠

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية	رقم الصفحة
ريبيكيت	riebeckite	٦٩
(ز)		
زئبق	mercury	١٨٤، ١٨٥، ١٩٧، ٢٠٤، ٢٠٦، ٢٠٧، ٢٢٨، ٢٤٤، ٢٧٠، ٢٩٧، ٢٩٨، ٣٠٠، ٣٠٤، ٣١٥
زحف التربة	soil, creep	٢١٢، ٢١٤، ٢١٥
زلازل	earthquakes	٢٨، ١٣٣، ١٣٤، ١٤١، ٢٢٤، ٢٣٨، ٢٤٥، ٢٤٦، ٢٤٧، ٢٤٨، ٢٤٩، ٢٥٣، ٢٥٤، ٢٥٦، ٢٥٧، ٢٥٨، ٢٦٩، ٤١٩، ٤٢٠، ٤٢٥، ٤٢٧، ٤٢٩
زنبقانيات	crinoidea	٣٣٥، ٣٣٦، ٣٣٧
زنك	zinc	٧٧، ٧٩، ٢٧٠، ٢٧٣
زهريات	anthozoa	٣١٧
زواحف	reptilia	٢٩٦، ٣٠٣، ٣٠٦، ٣٤٥، ٣٤٦، ٣٤٧، ٣٤٨، ٣٥٣، ٣٥٤، ٣٦٧، ٣٦٨، ٣٨٣، ٣٨٥، ٣٨٦، ٣٨٧، ٣٨٨، ٣٨٩، ٣٩٠، ٣٩١، ٣٩٢، ٣٩٣، ٣٩٥، ٣٩٦، ٣٩٨، ٣٩٩، ٤٠٠، ٤٠٣، ٤٠٤
زواحف تمساحية (فيتوصورات)	phytosaurs	٣٤٨، ٣٨٧، ٣٨٨
زواحف شبيهة الثدييات	therapsids	٣٤٧
زواحف شراعية	pelycosaurs	٣٤٧
زيركون	zircon	٤٧، ٥٠
(س)		
سحج	abrasion	١٦١، ١٦٨، ١٩٣، ١٩٦، ٢٠٤، ٢٠٥، ٢٢٥
سحب سفلي	undertow	٢٢٤، ٢٢٧
سحنة يورديل	Yoredale facies	٣٨٢
سربنتين	serpentine	٦٨، ٧٣
سفاليرايت	sphalerite	٦١، ٧٩
سلاحف	turtles	٣١٥، ٣٤٦، ٣٨٧، ٣٩٦، ٤٠٣
سليكات	silicates	٦٤، ٦٧، ٦٨، ٧٣، ٨٣، ٩٢
سمك	fish	١٢٠، ٢٩٧، ٢٩٦، ٣٣٠، ٣٤٢، ٣٤٣، ٣٤٧
سمنتة	cementation	١٨٥

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية	رقم الصفحة
		١٤٢، ١٤٣، ١٤٤، ١٤٥، ١٤٦، ١٤٧، ١٤٨، ١٤٩، ١٥٠، ١٥١، ١٥٢، ١٥٣، ١٥٤، ١٥٩، ١٦٠، ١٦١، ١٦٢، ١٦٤، ١٦٥، ١٦٦، ١٦٧، ١٦٨، ١٧٢، ١٧٣، ١٧٤، ١٧٦، ١٧٧، ١٧٨، ١٧٩، ١٨٠، ١٨١، ١٨٢، ١٨٣، ١٩٥، ١٩٦، ١٩٧، ٢٠١، ٢٠٤، ٢٠٥، ٢١١، ٢١٢، ٢١٣، ٢١٤، ٢١٩، ٢٢٣، ٢٢٥، ٢٢٦، ٢٢٧، ٢٢٨، ٢٢٩، ٢٣٤، ٢٣٨، ٢٤٠، ٢٤١، ٢٤٢، ٢٤٦، ٢٥١، ٢٥٢، ٢٥٧، ٢٥٨، ٢٥٩، ٢٦٠، ٢٦١، ٢٦٢، ٢٦٤، ٢٦٥، ٢٦٦، ٢٦٧، ٢٦٨، ٢٦٩، ٢٧٠، ٢٧١، ٢٧٢، ٢٨٠، ٢٨١، ٢٨٢، ٢٨٣، ٢٨٥، ٢٨٦، ٢٨٩، ٢٩٠، ٢٩١، ٢٩٢، ٢٩٣، ٢٩٤، ٢٩٧، ٢٩٩، ٣٠١، ٣٠٤، ٣٠٩، ٣١٠، ٣١٢، ٣١٤، ٣١٦، ٣١٧، ٣١٩، ٣٢٠، ٣٢١، ٣٢٦، ٣٢٨، ٣٣١، ٣٣٤، ٣٣٥، ٣٣٩، ٣٤٠، ٣٤١، ٣٤٢، ٣٤٤، ٣٤٥، ٣٤٩، ٣٥٣، ٣٥٦، ٣٥٨، ٣٦١، ٣٦٢، ٣٦٨، ٣٦٩، ٣٧٠، ٣٧١، ٣٧٢، ٣٧٣، ٣٧٤، ٣٧٥، ٣٧٦، ٣٧٨، ٣٧٩، ٣٨٠، ٣٨١، ٣٨٢، ٣٨٤، ٣٨٥، ٣٨٦، ٣٨٩، ٣٩٠، ٣٩١، ٣٩٢، ٣٩٣، ٣٩٥، ٣٩٩، ٤٠١، ٤٠٧، ٤٠٩، ٤٢٠، ٤٢١، ٤٢٢، ٤٣١، ٤٣٣، ٤٣٤، ٤٣٥
صدع بارز (نتق)	horst	١٤٠، ١٤١
صدع خسفي	graben	١٤٠
صدوع محوِّلة	transform faults	٤٢٥، ٤٢٦
صلصال	clay	٥٦، ٧٣، ٧٤، ٨٣، ١١٥، ١١٦، ١٣٤، ١٤٨، ١٥٤، ١٦٨، ١٨٦، ١٩٧، ٢٠١، ٢١١، ٢٤٢، ٢٦٦، ٢٦٩، ٢٧١، ٢٧٢، ٢٧٣، ٣٤٤، ٣٨٦، ٣٨٩، ٣٩٠، ٣٩٣، ٣٩٤، ٣٩٩، ٤٠٠
صلصال الجلمود	boulder clay	١٩٧
صلصال حولي	varve clay	٢٠١
صهارة	magma	٣٩، ٤٢، ١٧٦
صواعد	stalagmites	١٢٠، ١٤٩، ١٨٤
(ض)		
ضفاف طبيعية	levees, natural	١٧٠
(ط)		
طائفة الخيارات	holothuroidea	٣٣٧، ٣٣٩

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية	رقم الصفحة
طباشير	chalk	٣٠، ٥٦، ٦٩، ٧١، ٨٠، ١١٧، ١١٩، ١١٥، ١٧٩، ١٨٠، ٢٢٦، ٢٢٧، ٢٦٠، ٢٦٦، ٢٨٤، ٢٨٥، ٢٩٤، ٣٢٩، ٣٣٠، ٣٣٥، ٣٣٩، ٣٤٧، ٣٤٨، ٣٤٩، ٣٥٩، ٣٥٤، ٣٨٨، ٣٩٣، ٣٩٤، ٣٩٥، ٣٩٦، ٣٩٧، ٣٩٨، ٤٠٢، ٤٠٤
طريق لبنى	milky way	٣٥
طَفْلة	shale	١١٣، ١١٤، ١١٥، ١١٦، ١٢٥، ١٢٦، ١٢٩، ١٣٠، ١٥٢، ١٦٠، ١٦٤، ١٦٥، ٢٢٦، ٢٦٦، ٢٦٩، ٣٤٢، ٣٧٣، ٣٧٤، ٣٧٧، ٣٨٠، ٣٨٢، ٣٨٩
طمى	alluvium	٢٣٠، ٢٤١، ٣٦٠
طوبوغرافيا	topography	٤١، ١٤٩، ١٥٠، ١٥١، ١٥٣، ١٧٠، ١٧٤، ١٧٥، ١٧٨، ١٩١، ١٩٧، ٢٢٠، ٢٥٠، ٣٦٥
طوبوغرافية كارست	karst topography	١٨٢
طوفا جيرية	calcareous tufa	١٨٣
طى	folding	١٣٥، ١٣٦، ١٣٧
طية محدبة إقليمية	geanticlines	١٣٥
طية مقعرة	syncline	١٥٠
طيس	loess	٢٠٧، ٢١٠
طيور	aves	٢٩٦، ٣٤٩، ٣٥٠، ٣٥٣
(ظ)		
ظهر الخنزير	hogs back	٢٦٦
(ع)		
عديم التبلور	amorphous	١٣
عديمة الأسنان	edentatea	٣٥٥، ٣٥٦
عروق	veins	١٨٥
عقارب بحرية	eurypterids	٣٣١، ٣٣٤
علامات نيم	ripple marks	١٢٣، ٢٠٨
علم الأجنة	embryology	٣١٣
علم الأرصاد الجوية	meteorology	٢٩
علم الشكل	morphology	٣١١

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية	رقم الصفحة
علم الحفريات	palaeontology	٢٩٥، ٢٩٦، ٣٣١، ٣٤٠، ٣٦٨
علم الزلازل	seismology	٢٤٦
علم الفلك	astronomy	٣٤، ٣٧٩
علم الكون	cosmology	٣٧٩
علم النبات القديم	palaeobotany	٢٩٦
علوم الوراثة	genetics	٣٦٧
عمبر (كهرمان)	amber	٣٠١
عنق البركان	volcanic neck	٩٦، ٢١٣
	(غ)	
غثة (ليست اقتصادية)	gangue	١١٥
غلاف جوى	atmosphere	٢٩، ٣٥، ٣٨، ٤١، ١٥٧
غلاف صخرى	lithosphere	٣٨، ٣٩، ٢٥٧
غلاف مائى	hydrosphere	٣٨، ٣٩، ٤١
	(ف)	
فتاتى	clastic	١١٣، ١٢٣
فجوات دردورية	kettles	٢٠٠، ٢٠١
فحم	coal	٢٧، ٤٣، ٨٢، ١١٥، ١٢١، ١٣٢، ١٤٤، ٢١٤، ٢٤٤، ٢٦٧، ٣٦٨، ٢٨٩، ٣٠٣، ٣٨٤، ٣٨٥
فرضية التحكم الجليدى	glacial-control hypothesis	٣٣٦
فرضية الغازية	gaseous hypothesis	٢٧٩
فرضية الكويكبات	planetesimal hypothesis	٢٧٨، ٢٧٩
فرضية الهبوط	subsidence hypothesis	٣٣٥
فرضية سديمية	nebular hypothesis	٢٧٧، ٢٨٠، ٢٧٨
فرضية مدّية	tidal hypothesis	٢٧٩
فضة	silver	٤٣، ٤٤، ٤٥، ٥٥، ٥٨، ٥٩، ٧٥، ٧٧، ٧٨، ٨٢، ١٥٥، ١٨٥، ٢٧٠، ٢٧٣، ٣٧٠
فقاريات	vertebrates	٣٠٢، ٣٤٠، ٣٤٢، ٣٤٣، ٣٥٤، ٣٧٦، ٣٧٨، ٣٧٩، ٣٨١، ٣٨٦، ٣٨٧، ٣٩٥

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية	رقم الصفحة
فلسبار	feldspar	٤٣، ٥٣، ٦٢، ٦٤، ٦٥، ٦٧، ٧٢
فلسيت	felsite	٨٩
فلوريت	fluorite	٥١، ٥٣، ٥٤، ٧٠
فورامينيفرا	foraminifera	٣١٠، ٣١٤، ٣٨٣، ٣٩٥، ٤٠٢
فيرفير	porphyrite	٧٥
فيورد	fiord	١٩٥، ٢٣٠
(ق)		
قانون تعاقب الطبقات	law of superposition	٢٩٠
قباب	domes	٧١، ٧٢، ١٠٦، ١٣٦، ١٥١، ٣٦٣، ٣٦٤، ٣٦٩
قصدير	tin	٧٨
قفز - وثب	saltation	٢٠٧
قلنسوات جليدية	ice caps	١٩٠
قناطر طبيعية	natural bridges	١٨١، ١٨٢
قنفذانيات	echinoidea	٣٢٧، ٣٢٨، ٣٢٩، ٣٦٨، ٣٨٤، ٣٩١، ٣٩٥
قواعد المنصات	pedestals	٢٣٦
قوالب	moulds	٨٣، ١١٦، ٣٠٤، ٣٠٥، ٣٢٥، ٣٢٦
(ك)		
كارنوتيت	carnotite	٨٢، ٢٧١
كاستيرايت	cassiterite	٧٨
كالسيت	calcite	٤٣، ٤٤، ٤٥، ٥٣، ٥٤، ٥٧، ٦١، ٦٩، ٧٠، ٧١، ٧٢، ٧٣، ٩٠، ١١٦، ١١٨، ١٢٠، ١٥٠، ١٨٤، ١٨٥، ٣٠١، ٣٠٣، ٣٠٤، ٤٤٥
كالكوبيريت	chalcopyrite	٧٥
كالكوسيت	chalcocite	٧٥
كامات	kames	٢٠٠
كاولين	kaolin	٧٣، ٧٤
كاينوزوى	Cainozoic	٢٨٣، ٢٨٤، ٣٥٤، ٣٥٥، ٣٥٦، ٣٥٧، ٣٥٨، ٣٦٢، ٣٩٩
كبريت	sulphur	٤٥، ٥٨، ٦٠، ٨٠، ٨٢، ٨٤، ٢٦٨، ٢٧٢
كتل قارية	continental masses	٣٩، ٤٠، ٤١، ١٣٣، ١٤١
كثافة نوعية	specific gravity	٥٦

المصطلح		رقم الصفحة
باللغة العربية	باللغة الإنجليزية	
مستنقعات	bogs (swamps)	٣١، ١٢١، ١٢٤، ١٧٨، ١٨٢، ١٨٨، ٢٣٩، ٢٤١، ٢٤٣، ٢٤٤، ٢٥٠، ٢٦١، ٢٨٩، ٣٥١، ٣٨٠، ٣٨٢، ٣٨٣، ٣٨٥، ٣٩٠، ٣٩٣، ٣٩٨
مسرجانيات	brachiopoda	٢٩٦، ٣٢٠، ٣٢١، ٣٢٢، ٣٢٥، ٣٧٣، ٣٧٤، ٣٧٥، ٣٧٨، ٣٨٠، ٣٨٢، ٣٨٣، ٣٨٤، ٤٠٢
مسكوفيت	muscovite	٦٧
مصادر	sources	١٠٨
مضاهاة	correlation	٢٩١، ٣٠٩، ٣٤٢
مضرب	strike	١٣٦، ١٤٠
مضيق بين قمتين	col	١٩٣
معادن	minerals	٢٨، ٣٠، ٣٢، ٣٣، ٣٩، ٤٣، ٤٤، ٤٥، ٤٦، ٤٧، ٥٠، ٥١، ٥٢، ٥٣، ٥٤، ٥٥، ٥٦، ٥٧، ٥٨، ٥٩، ٦٠، ٦١، ٦٢، ٦٣، ٦٤، ٦٥، ٦٦، ٦٨، ٦٩، ٧٠، ٧٢، ٧٣، ٧٤، ٧٥، ٧٨، ٧٩، ٨٢، ٨٣، ٨٤، ٨٥، ٨٦، ٨٧، ٨٨، ٨٩، ٩٠، ٩٢، ٩٣، ١١٦، ١٢٣، ١٢٦، ١٢٨، ١٢٩، ١٣٠، ١٣١، ١٤٧، ١٤٨، ١٦٢، ١٨٥، ٢١٠، ٢٦٧، ٢٧٠، ٢٧١، ٢٧٢، ٢٨٢، ٢٩٢، ٣٠٣، ٣٠٤، ٤٢٠، ٤٤٥، ٤٤٦، ٤٤٧، ٤٤٩، ٤٥٠، ٤٥١
مغارات البحر	sea caves	٢٢٧
مغنسيوم	magnesium	٥٩، ٦٧، ٧٠، ٧٣، ٨١، ٩٣، ١٢١
مغنطيسية	magnetism	٦١، ٤٢٠
مفصل	joint	١٣٧
مفصليات	arthropoda	٣٠٢، ٣٢١، ٣٢٢، ٣٢٣، ٣٢٤، ٣٧٩، ٣٩١، ٤٠٢
مقياس رختر	Richter's scale	٢٥٧
مقياس موهس للصلابة	Mohs scale of hardness	٥٢، ٥٣، ٥٤
مقياس ميركالى المعدل	modified Mercalli' scale	٢٥٦
مقياس وود نيومان	Wood-Neumann scale	٢٥٦
مكتسحات	blow-outs (outwash)	٢٠٠، ٢٦٠
مكملة زاوية الميل	hade	١٣٩
مكمن (مائى)	aquifer	٣٦٩

المصطلح		رقم الصفحة
باللغة العربية	باللغة الإنجليزية	
نباتات جنينية	embryophyta	٣١٣
نتوء صخرى	aretes	٥٨
نجو متحجر	coprolites	٣٠٦
نحاس	copper	٤٥، ٥٢، ٥٨، ٥٩، ٧٤، ٧٥، ٧٦، ٧٧، ٧٨، ٧٩، ٨٠، ٨٢، ٨٥، ٩١، ١٨٥، ٢٧٠، ٢٧٣، ٣٧٠
نرجيل صخرى - جيودات	geodes	١٢٥
نسيج	texture	٩٢، ١٣٣
نصف حبليات	hemichordata	٣٤٠
نطاق بنيوف	Benioff zone	٤١٩
نظام دليل ميلر	Miller index system	٥٠
نظرية الارتداد المرن	elastic rebound theory	٢٤٦
نظرية الانجراف القارى	continental drift theory	١٤٢
نظرية الانكماش	contraction theory	١٤٢
نظرية الحِمْل الحراري	convection theory	١٤٢
نفريت	nephrite	٦٩
نوتيليدات	nautiloidea	٣٢٧، ٣٢٨
نيازك	meteorites	٨٠، ٢٤١
نيس	gneiss	١٣٠، ١٣١
نيكل	nickel	٨٠، ٢٥٨، ٢٧٠، ٣٧٠
	(هـ)	
هاليت	halite	٤٧، ٥٩، ٦١، ٧١، ٨٣، ١٢١
هبوط	slump	١٣٣، ١٣٤، ١٤١، ١٦٤، ٢٠٢، ٢٠٧، ٢٣٠، ٢٣٣، ٢٣٨، ٢٤٨، ٢٦١، ٢٧٤
هدم	degradation	٤٠، ٤١، ١٣٣
هدم وبناء	gradation	٤١، ١٣٣
هضاب	plateaus	١٠٣، ١٠٥، ٢٢٠، ٢٥٩، ٢٦١، ٢٦٢، ٢٦٥
هضاب شديدة الانحدار	buttes	٢٦٥، ٢٦٦
هضبة صغيرة منعزلة	mesas	٢٦٥، ٢٦٦
هوابط	stalactites	١٢٠، ١٤٩، ١٨٤

المصطلح		رقم الصفحة
باللغة العربية	باللغة الإنجليزية	
هورنبلند	hornblende	٦٨
هيماتيت	hematite	٧٦
(و)		
واد خسفى	rift valley	١٤٠، ٣٣٨، ٤١٧
وتيرة واحدة	uniformitarianism	٢٩٠، ٢٩٥
وجهريحيات	ventifacts	٢٠٥، ٣٨٦
وشاح	mantle	٢٥٧، ٢٥٨
وقود	fuel	١٢٢، ٢٤٣، ٣٦٧، ٣٦٨، ٣٧٢
(ى)		
ينابيع	springs	١٠٩، ١٧٩، ١٨٠، ١٨١، ١٨٣
يورانيوم	uranium	٨٢، ٢٨٦

فهرس Index

لمصطلحات الچيولوچيا (باللغة الإنجليزية)

المصطلح		رقم الصفحة
باللغة الإنجليزية	باللغة العربية	
aquifer	مكمن (مائى)	٣٦٩
aragonite	أراجونيت	٧٠، ٧١
Archaeopteryx	أركيوبتيركس	١٢٠، ٣٥٣، ٣٦٨، ٣٩٢
Archaeozoic era	أركيوزوى ـ حقب	٣٦٩، ٣٧٠، ٣٧١
aretes	نتوء صخرى	٥٨
argentite	أرجنتيت	٧٨
arkose	أركوز	١١٦، ٣٧١، ٤٣٣، ٤٣٤، ٤٣٦
Armorican orogeny	حركة أرموريكية	٣٨٢، ٣٨٤
artesian wells	آبار ارتوازية	١٧٩، ١٨٠
arthropoda	مفصليات	٣٠٢، ٣٣١، ٣٣٣، ٣٣٣، ٣٣٤، ٣٧٩، ٣٩١، ٤٠٢
asbestos	أسبستوس	٥٦، ٥٨، ٦٨، ٧٣، ٨٣، ٢٧٢
asteroids	كويكبات	٢٧٨، ٢٧٩
astronomy	علم الفلك	٣٤، ٢٧٩
atmosphere	غلاف جوى	٢٩، ٣٥، ٣٨، ٤١، ١٥٧
atoll	أتول	٢٣٥
atoms	ذرات	٤٤
augite	أوجيت	٦٨، ٨٧، ٣٠٩، ٤٤٥
Australopilthecines	بقايا قرود تشبه الإنسان	٤٠٨
aves	طيور	٢٩٦، ٣٤٩، ٣٥٠، ٣٥٣
azurite	أزوريت	٥٤، ٧٥، ٧٦
- B -		
barchan	برخان	٢٠٩، ٢١٠
baryte	باريت	٥١
basalt	بازلت	٨٩، ٩٠، ٩١، ٩٤، ٩٧، ١٠٣، ١٠٥، ١٠٧، ١٤٣، ١٦٥، ٢٥٧
batholiths	باثوليثات	٩٥، ٩٦
bauxite	بوكسيت	٧٤
belemnites	بليمينتات	٣٣٠، ٣٩١، ٣٩٥، ٤٠٠
Benioff zone	نطاق بنيوف	٤١٩
binomial nomenclature	تسمية ثنائية	٣٠٦، ٣٠٧

المصطلح: باللغة الإنجليزية	المصطلح: باللغة العربية	رقم الصفحة
biology	بيولوجيا	٣٩، ١٨٨، ٢٩٥، ٣٦٣، ٣٦٤، ٣٦٦، ٣٦٩، ٣٩٧
biotite	بيوتيت	٦٧، ٨٧، ٨٩، ٩٤، ١٢٨، ١٣٠
blastoidea	برعميات	٣٣٥، ٣٣٦
blow-outs (outwash)	مكتسحات	٢٠٠، ٢٦٠
bogs (swamps)	مستنقعات	٣١، ١٢١، ١٢٤، ١٧٨، ١٨٢، ١٨٨، ٢٣٩، ٢٤١، ٢٤٣، ٢٤٤، ٢٥٠، ٢٦١، ٢٨٩، ٣٥١، ٣٨٠، ٣٨٢، ٣٨٣، ٣٨٥، ٣٩٠، ٢٩٣، ٣٩٨
botany	نبات	٢٩٦، ٣٠٧
boulder clay	صلصال الجلمود	١٩٧
brachiopoda	مسرجانيات	٢٩٦، ٣٢٠، ٣٢١، ٣٢٢، ٣٢٥، ٣٧٣، ٣٧٤، ٣٧٥، ٣٧٨، ٣٨٠، ٣٨٢، ٣٨٣، ٣٨٤، ٤٠٢
bryophyta	نبات طحلبي (بريوفيتا)	٣١٣
bryozoa	بريوزوا	٣٢٠، ٣٧٥، ٣٧٨، ٣٨٣، ٤٠٢
buttes	هضاب شديدة الانحدار	٣٦٥، ٣٦٦
- C -		
Cainozoic	كاينوزوى	٢٨٣، ٢٨٤، ٣٥٤، ٣٥٥، ٣٥٦، ٣٥٧، ٣٥٨، ٣٦٢، ٣٩٩
calcareous tufa	طوفا جيرية	١٨٣
calcite	كالسيت	٤٣، ٤٤، ٤٥، ٥٣، ٥٤، ٥٧، ٦١، ٦٩، ٧٠، ٧١، ٧٢، ٧٣، ٩٠، ١١٦، ١١٨، ١٢٠، ١٥٠، ١٨٤، ١٨٥، ٣٠١، ٣٠٣، ٣٠٤، ٤٤٥
Caledonian orogeny	حركة كاليدونية	٣٧٧، ٣٧٨، ٣٧٩
Cambrian Period	دور الكمبرى	٢٨٤، ٣١٤، ٣١٥، ٣١٦، ٣١٩، ٣٢٠، ٣٢٥، ٣٢٧، ٣٣١، ٣٣٣، ٣٣٥، ٣٤٠، ٣٤٢، ٣٦٣، ٢٨٣
carbon	كربون	٣٨، ٤٤، ٦٩، ١٠٠، ١٨١، ٢٠٣، ٢١٩، ٢٦٨، ٢٨٧، ٣٠٢، ٣٧٠
carbonation	كربنة	١٣٣، ١٤٧، ١٤٨، ١٤٩
Carboniferous Period	دور الكربوني	٩٠، ٩٧، ٩٨، ١١٩، ١٢٢، ٢٦٨، ٢٨٤، ٣١٣، ٣١٧، ٣٣٠، ٣٣١، ٣٣٦، ٣٣٩، ٣٤٢، ٣٤٦، ٣٧٣، ٣٧٤، ٣٨١، ٣٨٢، ٣٨٣، ٢٨٥
carbonization	تكربن	١٢١، ٢٦٨، ٣٠٣
carnivores	لواحم (آكلات اللحوم)	٣٠٨، ٣٢٧، ٣٥٠، ٣٥٥، ٣٥٧، ٩٢، ٤٠٦ -
carnotite	كارنوتيت	٨٢، ٢٧١

المصطلح		رقم الصفحة
باللغة الإنجليزية	باللغة العربية	
cassiterite	كاستيرايت	٧٨
casts	صبات	٣٠٤، ٣٢٥
caverns (corries)	كهوف	٦٩، ٧٠، ١٢٠، ١٤١، ١٨١، ١٨٢، ١٨٤، ٢٠١، ٢٠٥٨، ٢٣٧، ٢٤٠، ٢٤٦، ٢٥١، ٣٥٨، ٤٠٨، ٤١٢، ٤١٣
cementation	سمنتة	١٨٥
cements	مواد لاحمة	١٨٥
ceolenterata	جوفمعويات	١١٩، ٣١٦، ٣٤٢
cephalopoda	رأسقدميات	٣٢٣، ٣٢٧، ٣٢٨، ٣٢٩، ٣٣٠، ٣٧٥، ٣٧٦، ٣٨٣، ٣٨٧، ٣٩١، ٣٩٥
chalcocite	كالكوسيت	٧٥
chalcopyrite	كالكوبيريت	٧٥
chalk	طباشير	٣٠، ٥٦، ٦٩، ٧٦، ٨٠، ١١٧، ١١٩، ١١٥، ١٧٩، ١٨٠، ٢٣٦، ٢٣٧، ٢٦٠، ٢٦٦، ٢٨٤، ٢٨٥، ٢٩٤، ٣٢٩، ٣٣٠، ٣٣٥، ٣٣٩، ٣٤٧، ٣٤٨، ٣٤٩، ٣٥٩، ٣٥٤، ٣٨٨، ٣٩٣، ٣٩٤، ٣٩٥، ٣٩٦، ٣٩٧، ٣٩٨، ٤٠٢، ٤٠٤
chemical	كيميائي	٩٣، ١١٣، ١١٥، ١٤٧
chimneys	مداخن	٢٠١
chlorite	كلوريت	٧٣، ١٣٠
chondrichthyes	أسماك غضروفية	٣٤٣
chordata	حبليات	٣٠٧، ٣٠٨، ٣٤٠، ٣٤٥، ٣٦٧، ٣٦٨
chromium	كروم	٨١
chrysotile	كريزوتيل	٦٨، ٧٣، ٨٣
cinnabar	سنابار	٧٧
cirques	مناطق متدرجة	١٩٣
clastic	فتاتي	١١٣، ١٢٣
clay	صلصال	٥٦، ٧٣، ٧٤، ٨٣، ١١٥، ١١٦، ١٢٤، ١٤٨، ١٥٤، ١٦٨، ١٨٦، ١٩٧، ٢٠١، ٢١١، ٢٤٢، ٢٦٦، ٢٦٩، ٢٧١، ٢٧٢، ٢٧٣، ٣٤٤، ٣٨٦، ٣٨٩، ٣٩٠، ٣٩٣، ٣٩٤، ٣٩٩، ٤٠٠

المصطلح		رقم الصفحة
باللغة الإنجليزية	باللغة العربية	
coal	فحم	٢٧، ٤٣، ٨٢، ١١٥، ١٢١، ١٣٢، ١٤٤، ٢١٤، ٢٤٤، ٢٦٧، ٢٦٨، ٢٨٩، ٣٠٣، ٣٨٤، ٣٨٥
cobalt	كوبالت	٨٠، ٣٧٠
col	مضيق بين قمتين	١٩٣
coleoidea	كوليات	٣٣٠
comets	مذنبات	٣٥
concretions	درنات صخرية	١٢٥، ١٥١، ١٨٥
convection theory	نظرية الحمْل الحراري	١٤٢
conglomerate	كونجلوميَرات	١١٤، ١١٧، ١٢٣، ٣٧٣
connate water	ماء محبوس	١٧٦
conodonts	كونودونتات	٣٤٤
conservative boundaries	حدود محافظة	٤٢٥
constructive boundaries	حدود بنائية	٤٢٤
continental drift	انجراف قاري	١٤٢، ١٤٣، ٤١٥، ٤١٦، ٤١٨، ٤٢٩
continental drift theory	نظرية الانجراف القارى	١٤٢
continental masses	كتل قارية	٣٩، ٤٠، ٤١، ١٣٣، ١٤١
continental shelf	رف قارى	٢٢٠، ٢٢١
contraction theory	نظرية الانكماش	١٤٢
convergent	متلاقى	٣٨٨، ٤٢٤
copper	نحاس	٤٥، ٥٢، ٥٨، ٥٩، ٧٤، ٧٥، ٧٦، ٧٧، ٧٨، ٧٩، ٨٠، ٨٢، ٨٥، ٩١، ١٨٥، ٢٧٠، ٢٧٣، ٣٧٠
coprolites	نجو متحجر	٣٠٦
coral reefs	شعاب مرجانية	٢٧، ٣١، ٦٩، ٧١، ١٢٠، ٢٣١، ٢٣٣، ٢٣٤، ٢٣٥
corals	مراجين	٢٢٠، ٢٣٤، ٣٠١، ٣٠٩، ٣١٤، ٣١٦، ٣١٧، ٣١٨، ٣١٩، ٣٧٥، ٣٧٨، ٣٨٠، ٣٨١، ٣٨٢، ٣٨٣، ٣٨٤، ٣٨٧، ٣٩٠، ٣٩٤، ٤٠٠، ٤٠٢
core	باطن	٢٧، ٤٢، ١٠٨، ١٢٧، ٢٥٤، ٢٥٧، ٤١٧، ٤٢٣، ٤٢٨
correlation	مضاهاة	٢٩١، ٣٠٩، ٣٤٢
corrosion	تآكل	١٦١
cosmology	علم الكون	٣٧٩

رقم الصفحة	المصطلح	
	باللغة العربية	باللغة الإنجليزية
٢٩، ٣٠، ٣١، ٣٩، ٤٣، ٧٠، ٧٦، ٧٧، ٧٩، ٨٣، ١١٣، ١١٨، ١٢٠، ١٢١، ١٢٣، ١٢٧، ١٣٢، ١٤٨، ١٤٩، ١٥٥، ١٦٢، ١٦٤، ٢٠١، ٢٤٠، ٢٦١، ٢٦٦، ٢٦٩، ٢٧٢، ٢٨٥، ٣٠٥، ٣١٢، ٣٧٠، ٣٧٢، ٣٧٣، ٣٧٨، ٣٨٠، ٣٨١، ٣٨٢، ٣٨٣، ٣٨٤، ٣٨٥، ٣٨٦، ٣٨٩، ٣٩٠، ٣٩٢، ٣٩٣، ٣٩٤، ٤٣٣، ٤٣٤، ٤٣٦	حجر جيرى	limestone
٧٩، ١١٧، ١٣٦، ١٤٨، ٣٧٢، ٣٧٣، ٣٨٢، ٣٨٩	ليمونيت	limonite
٣٨، ٣٩، ٢٥٧	غلاف صخرى	lithosphere
٢٠٧، ٢١٠	طيس	loess
٦١	تضوء	luminescence
	- M -	
٣٩، ٤٢، ١٧٦	صهارة	magma
١٧٦	ماء صهارى	magmatic water
٥٨، ٨١	مجنزيت	magnesite
٥٩، ٦٧، ٧٠، ٧٣، ٨١، ٩٣، ١٢١	مغنسيوم	magnesium
٦١، ٤٢٠	مغنطيسية	magnetism
٧٩	ماجنتيت	magnetite
٧٦	مالاكيت	malachite
٢٩٦، ٣٠٩، ٣٤٥، ٣٤٧، ٣٥٤، ٣٥٥، ٣٥٧، ٣٥٨، ٣٥٩، ٣٦١، ٣٦٢، ٣٦٧، ٣٨٥، ٣٨٨، ٣٩٢، ٣٩٥، ٣٩٨، ٤٠٠، ٤٠٢، ٤٠٣، ٤٠٤، ٤٠٥، ٤٠٦، ٤٠٧	ثدييات	mammals
٦٥، ٨١	منجنيز	manganese
٢٥٧، ٢٥٨	وشاح	mantle
٢٦٩، ٤٣١	خرائط	maps
٣٩، ٦٩، ٧٠، ٧٣، ١٢٧، ١٣٢، ٢٧٢، ٢٨٦	رخام	marble
٣٥٤، ٣٥٥، ٣٩٥	ثدييات جرابية	marsupials
٢١١، ٢١٢، ٢١٣، ٢٣٩	حركات الكتلة	mass movements
١٦٣، ١٦	منعطفات	meanders
١٨٤، ١٨٥، ١٩٧، ٢٠٤، ٢٠٦، ٢٠٧، ٢٢٨، ٢٤٤، ٢٧٠، ٢٩٧، ٢٩٨، ٣٠٠، ٣٠٤، ٣١٥	زئبق	mercury

المصطلح		رقم الصفحة
باللغة الإنجليزية	باللغة العربية	
- P -		
palaeobotany	علم النبات القديم	٢٩٦
Palaeocene	باليوسين	٣٥٧، ٣٥٨، ٣٩٩، ٤٠٤، ٤٠٧
palaeogeography	جغرافيا قديمة	٢٩٤
palaeontology	علم الحفريات	٢٩٥، ٢٩٦، ٣٣١، ٣٤٠، ٣٦٨
palaeozoic	باليوزوى	١٣٥، ١٣٦، ٢٨٤، ٣١٦، ٣١٨، ٣٧٢، ٣٧٣، ٢٨٤
pedestals	قواعد المتصات	٢٢٦
pegmatite	بجماتيت	٦٧، ٨٢، ٨٦، ٨٧، ٩٣
Peking man	إنسان بكين	٤٠٩، ٤١١
pelecypoda	محاريات	٣٠٩، ٣٢٣
pelycosaurs	زواحف شراعية	٣٤٧
peneplain	سهوب	١٧٢، ١٧٤
Pennsylvanian Period	دور بنسلفانى	٣٨١
pentlandite	بنتلنديت	٨٠
peridotite	بريدوتيت	٨٦، ٨٨
Permian Period	دور البرمى	١٨٧، ٣٣٣، ٣٣٤، ٣٣٦، ٣٤٣، ٣٤٦، ٣٨٤، ٤٣٦
permineralization	تمعدن لاحق	٣٠٣
petrifaction	تحجر	٢٩٨، ٣٠٣، ٣٠٦
petroleum	بترول	٤٣، ٧٢، ١١٥، ١٧٦، ٢٦٧، ٢٦٨، ٢٦٩، ٢٧٠، ٢٧٤، ٢٩٦، ٣١٠، ٣٦١، ٤٠٢
phenocrysts	بلورات كبيرة	٨٦، ٩٣
phreatic zone	منطقة فرياتية	١٧٧
Physical characteristics	خصائص فيزيقية	١٠٣، ١٢٢، ١٢٩
phytosaurs	زواحف تمساحية (فيتوصورات)	٣٤٨، ٣٨٧، ٣٨٨
Piltdown man	إنسان بلتدون	٤١٢
pisces (Fish)	أسماك	٢٩٦، ٢٩٨، ٣٠٣، ٣٠٤، ٣٣٦، ٣٣٨، ٣٤٢، ٣٤٣، ٣٤٤، ٣٤٧، ٣٧٦، ٣٧٧، ٣٧٨، ٣٧٩، ٣٨١، ٣٨٣، ٣٨٦، ٣٨٧، ٣٨٨، ٣٩١، ٣٩٥، ٤٠٣

رقم الصفحة	المصطلح	
	باللغة العربية	باللغة الإنجليزية
٢٨١	بلاكودرمى	placodermi
٦٢، ٦٤، ٦٥، ٨٧، ٩٠	بلاجيوكليز	plagioclase
١٠٣، ١٠٥، ١٦٩، ١٧٠، ١٧١، ١٧٢، ١٧٣، ١٩٠، ٢٠٧، ٢١٠، ٢٢١، ٢٣١، ٢٣٣، ٢٤٠، ٢٤٣، ٢٥٩، ٢٦٠، ٢٦١	سهول	plains
٢٧٨، ٢٧٩	فرضية الكويكبات	planetesimal hypothesis
٢٧، ٢٩، ٣١، ٣٤، ٨٣، ١١٧، ١١٨، ١٢١، ١٢٢، ١٢٦، ١٤١، ١٤٧، ١٥٣، ١٥٤، ١٥٧، ١٦١، ١٦٢، ١٦٣، ١٨١، ١٨٦، ١٨٧، ١٨٨، ٢١٥، ٢٢٠، ٢٣٤، ٢٤١، ٢٤٣، ٢٦٨، ٢٧٣، ٢٨٤، ٢٨٩، ٢٩٥، ٢٩٦، ٢٩٧، ٢٩٩، ٣٠٠، ٣٠٣، ٣٠٤، ٣٠٦، ٣٠٧، ٣١٠	نبات	plant
٨٣	جبس (بلاستر)	plasters
١٠٣، ١٠٥، ٢٢٠، ٢٥٩، ٢٦١، ٢٦٢، ٢٦٥	هضاب	plateaus
١٨٧، ٣٥٥، ٣٥٦، ٣٥٨، ٣٦٠، ٣٦١	بليستوسين	Pleistocene
٣٤٧، ٣٨٨، ٣٩٢، ٣٩٦، ٣٩٧	بلسيوصورات	plesiosaurs
٣٥٥، ٤٠٥، ٤٠١، ٤٠٦	بليوسين	Pliocene
١٩٣	حرث	ploughing
١٦٢، ١٩٣، ١٩٥	اقتلاع	plucking
٣١٥	مساميات	porifera
٧٥	فيرفير	porphyrite
٢٨٣، ٣١٢، ٣١٦، ٣٣١، ٣٦٩، ٣٧٠، ٣٧١، ٣٧٢	حقب ماقبل الكمبرى	Pre-Cambrian Era
٣٠٨، ٣٦٢، ٤٠٧	رئيسيات	primates
٣٦٩، ٣٧٠	حقب البروتيروزوى	Proterozoic Era
٣٦٧، ٣٧٤، ٣٧٥	بروتوزوا	protozoa
٣٩١، ٣٤٨	بتيروصورات	pterosaurs
٨٩، ٩١، ٩٣، ١١٢	حجر خفاف (نشف)	pumice
٥٤، ٥٩، ٦٠، ٦٢، ٧٥، ٧٦، ٨٠	بيريت	pyrite
٦٨، ٨٨، ٩٠، ٩٤	بيروكسين	pyroxene
	- Q -	
١٦٢، ١٩٣، ١٩٥	تحجير (اقتلاع)	quarrying
٨٧، ٨٨، ١١٧	كوارتز	quartz

المصطلح		رقم الصفحة
باللغة الإنجليزية	باللغة العربية	
quartzite	كوارتزيت	٦٥، ١١٧، ١٢٧، ١٣١، ١٣٢، ١٥٠
Quaternary Period	دور الرباعى	٢٨٤، ٤٠٠، ٤٠١
- R -		
rejuvenation	استعادة الشباب - التصابى	١٧٠، ١٧٣
replacement	إحلال	١٨٦، ٣٠٣، ٣٠٤
reptilia	زواحف	٢٩٦، ٣٠٣، ٣٠٦، ٣٤٥، ٣٤٦، ٣٤٧، ٣٤٨، ٣٥٣، ٣٥٤، ٣٦٧، ٣٦٨، ٣٨٣، ٣٨٥، ٣٨٦، ٣٨٧، ٣٨٨، ٣٨٩، ٣٩٠، ٣٩١، ٣٩٢، ٣٩٣، ٣٩٥، ٣٩٦، ٣٩٨، ٣٩٩، ٤٠٠، ٤٠٣، ٤٠٤
Rhaetic	رايتى	٣٨٦
Richter's scale	مقياس رختر	٢٥٧
riebeckite	ريبيكيت	٦٩
rift valley	واد خسفى	١٤٠، ٢٢٨، ٤١٧
rip currents	تيارّات قطع	٢٢٤
ripple marks	علامات نيم	١٢٣، ٢٠٨
rocks	صخور	٢٧، ٢٨، ٢٩، ٣٠، ٣١، ٣٢، ٣٣، ٣٤، ٣٥، ٣٩، ٤٠، ٤١، ٤٢، ٤٣، ٤٥، ٦٤، ٦٥، ٦٦، ٦٧، ٦٨، ٦٩، ٧٠، ٧١، ٧٢، ٧٣، ٧٤، ٧٥، ٧٧، ٧٨، ٧٩، ٨٠، ٨١، ٨٢، ٨٤، ٨٥، ٨٦، ٨٧، ٨٨، ٨٩، ٩٠، ٩١، ٩٢، ٩٣، ٩٤، ٩٥، ٩٦، ٩٧، ٩٨، ٩٩، ١٠٠، ١٠١، ١٠٢، ١٠٨، ١٠٩، ١١٠، ١١٣، ١١٤، ١١٥، ١١٦، ١١٧، ١١٨، ١١٩، ١٢٠، ١٢١، ١٢٢، ١٢٣، ١٢٤، ١٢٥، ١٢٦، ١٢٧، ١٢٨، ١٢٩، ١٣٠، ١٣١، ١٣٣، ١٣٤، ١٣٥، ١٣٦، ١٣٧، ١٣٨، ١٣٩، ١٤٠، ١٤١، ١٤٢، ١٤٣، ١٤٤، ١٤٥، ١٤٦، ١٤٧، ١٤٨، ١٤٩، ١٥٠، ١٥١، ١٥٢، ١٥٣، ١٥٤، ١٥٩، ١٦٠، ١٦١، ١٦٢، ١٦٤، ١٦٥، ١٦٦، ١٦٧، ١٦٨، ١٧٢، ١٧٣، ١٧٤، ١٧٦، ١٧٧، ١٧٨، ١٧٩، ١٨٠، ١٨١، ١٨٢، ١٨٣، ١٩٥، ١٩٦، ١٩٧، ٢٠١، ٢٠٤، ٢٠٥، ٢١١، ٢١٢، ٢١٣، ٢١٤، ٢١٩، ٢٢٣، ٢٢٥، ٢٢٦، ٢٢٧، ٢٢٨، ٢٢٩، ٢٣٤، ٢٣٨، ٢٤٠، ٢٤١، ٢٤٢، ٢٤٦، ٢٥١، ٢٥٢، ٢٥٧، ٢٥٨، ٢٥٩، ٢٦٠، ٢٦١، ٢٦٢، ٢٦٤، ٢٦٥، ٢٦٦، ٢٦٧، ٢٦٨، ٢٦٩، ٢٧٠، ٢٧١، ٢٧٢، ٢٨٠، ٢٨١، ٢٨٢، ٢٨٣، ٢٨٥، ٢٨٦، ٢٨٩،

رقم الصفحة	المصطلح	
	باللغة العربية	باللغة الإنجليزية
١٤٧، ١٤٨، ١٤٩، ١٦١	محلول ذوبان	solution
١٠٨	مصادر	sources
٥٦	كثافة نوعية	specific gravity
٥٦، ٧٩	سفاليرايت	sphalerite
٢٣٩	لسان برى	spits
٣١٥، ٣١٦، ٣٧٤، ٣٨٠	إسفنجيات	sponges
١٠٩، ١٧٩، ١٨٠، ١٨١، ١٨٣	ينابيع	springs
١٢٠، ١٤٩، ١٨٤	هوابط	stalactites
١٢٠، ١٤٩، ١٨٤	صواعد	stalagmites
٣٣٧	خيار البحر	stelleroidea
٩٦	جذوع	stocks
١٢٢، ١٢٥، ١٢٨، ١٣٢، ١٣٦، ٢١٠	تطبق	stratification
٣٤٤	استراجرافيا (علم الطبقات)	stratigraphy
٨٥	حكاكة	streak
١٤٩، ١٥٧، ١٥٨، ١٥٩، ١٦٠، ١٦١، ١٦٢، ١٦٣، ١٦٤، ١٦٦، ١٦٧، ١٦٨، ١٦٩، ١٧٠، ١٧١، ١٧٢، ١٧٣، ١٧٤، ١٧٥، ١٨٧، ١٨٨، ١٨٩، ١٩١، ١٩٥، ١٩٩، ٢٠٠، ٢٠١، ٢١٠، ٢١٢، ٢١٣، ٢١٩، ٢٢٠، ٢٢١، ٢٢٣، ٢٣١، ٢٣٢، ٢٤٠، ٢٤١، ٢٤٣، ٢٤٤، ٢٥١، ٢٦٠، ٢٦١، ٢٧١، ٢٧٣، ٢٨٦، ٣٥١، ٣٩٤، ٤٠١	أنهار	streams (rivers)
١٣٦، ١٤٠	مضرب	strike
٣٣٥	فرضية الهبوط	subsidence hypothesis
٤٥، ٥٨، ٦٠، ٨٠، ٨٢، ٨٤، ٢٦٨، ٣٧٢	كبريت	sulphur
٨٦، ٨٨، ٨٩، ٢٧١	سيانيت	syenite
١٥٠	طية مقعرة	syncline
		- T -
١٥٢، ١٥٣	ركام السفوح	talus
١٩٣، ٢٣٩	بحيرة جبلية	tarn
١٣٣، ١٣٤، ١٤١، ١٧١	تكتونية (تكتنة)	tectonism

المصطلح: باللغة الإنجليزية	المصطلح: باللغة العربية	رقم الصفحة
- U -		
unconformity	لاتوافق	٢٩٢، ٢٩٣، ٢٩٤، ٣٩٣، ٤٣٣
undertow	سحب سفلي	٢٢٤، ٢٢٧
uniformitarianism	وتيرة واحدة	٢٩٠، ٢٩٥
uplift	رفع	١٣٣، ١٣٤، ١٣٥، ١٤١، ١٤٣، ١٤٤، ١٦٠، ١٧٠، ١٧٣، ١٧٥، ٢٣١، ٢٥٩، ٢٦٠، ٢٦٢، ٢٦٤، ٢٩٢، ٣٧٢، ٣٧٣، ٣٧٤، ٣٧٤، ٤٣٦
uranium	يورانيوم	٨٢، ٢٨٦
- V -		
vadose zone	منطقة عبور	١٧٧
varve clay	صلصال حولي	٢٠١
veins	عروق	١٨٥
ventifacts	وجهريحيات	٢٠٥، ٣٨٦
vertebrates	فقاريات	٣٠٢، ٣٤٠، ٣٤٢، ٣٤٣، ٣٥٤، ٣٧٦، ٣٧٨، ٣٧٩، ٣٨١، ٣٨٦، ٣٨٧، ٣٩٥
volcanic neck	عنق البركان	٩٦، ٢١٣
volcanism	بركنة	٤٢، ٨٥، ١٠٠، ١٠٨، ١٣٣، ٢٠٣
volcanoes	براكين	٨٨، ٩١، ٩٧، ٩٨، ٩٩، ١٠٠، ١٠١، ١٠٢، ١٠٣، ١٠٤، ١٠٥، ١٠٦، ١٠٧، ١١٠، ١١٢، ٢٣٨، ٢٤١، ٢٤٦، ٢٦٠، ٢٩٨، ٣٨٠، ٤١٧، ٤١٩، ٤٢٠، ٤٢٧، ٤٢٩، ٤٣٦
- W -		
warping	اعوجاج	١٣٤، ١٣٥، ١٣٨، ٢٣٨
waterfalls	مساقط مياه	١٦٤، ١٦٥، ١٩٥
wave-cut benches	منصات مقطوعة بالموج	١٣٣، ٢٢٦
weathering	تجوية	١٣٨، ١٤٦، ١٤٥، ١٤٧، ١٤٨، ١٤٩، ١٥٠، ١٥١، ١٥٢، ١٥٣
Wood-Neumann scale	مقياس وود نيومان	٢٥٦
worms	ديدان	٣١٩، ٣٣١، ٣٧٠، ٣٧٤، ٣٧٩

المراجع

REFERENCES

مراجع الكتاب ومراجع أخرى للمزيد من الاطلاع

Introductory Texts ١- مقدمات

Age, D. V., **Introducing Geology**. Faber & Faber: London, 1961.

Bradshaw, M. J., **A New Geology**. English Universities Press: London 1968.

Cox, Barry, **Prehistoric Animals**. Paul Hamlyn: London, 1969.

Day, Michael, **Fossil Man**. Paul Hamlyn: London, 1969.

Evans, 1. 0., **The Observer's** Book of Geology. Frederick Warne: London, 1957.

Haywood, Helen, **The Days of the Dinosaurs**. Odhams Books: London, 1964.

Matthews, W. H., **Exploring the World of Fossils**. Children's Press: Chicago, 1964.

Read, H. H., and Watson, J., **Beginning Geology** . Alien & Unwin: London, 1966.

Rhodes, H. T., Zim, H. S., and Shaffer, P. R., **Fossils**. Paul Hamlyn : London, 1965.

Trent, C., **Exploring the Rocks**. Phoenix House: London, 1957.

Zim, H. S., and Shaffer, P. R, **Rocks and Minerals**. Paul Hamlyn: London, 1965.

GENERAL REFERENCES ٢-مراجع عامة

Adam, F. 0., **The Birth and Development of the Geological Sciences.** Constable: London, 1954.

Adams, W. M., **Earthquakes**. Heath: London, 1964.

Bennison, G. M., and Wright, A. E., **The Geological History of the British Isles**. Edward Amold: London, 1969.

Carrington, R., A Guide to **Earth History**. Chatto & Windus: London, 1956.

Fletcher, 0. L., and Wolfe, C.W., **Earth Science**. Heath: London, 1959.

Gass, I. G., **et al. Understanding the Earth**. Artemis Press (Open University textbook): Horsham, 1972.

Himus, G. W., and Sweeting, G. S., **The Elements of Field Geology**.

University Tutorial Press: London, 1965.

Holmes, A., **Principles of Physical Geology**. Nelson: London, 1959.

Johnson, G., **Earthquakes and Volcanoes**. Lindsey Drummond: London, 1938.

Kirkaldy, J. F., **General Principles of Geology**. Hutchinson: London, 1958.

Kummel, B., **History of the Earth**. Freeman (British Regional Geology Handbooks, HMSO): London, 1970.

Miller, T. G., **Geology and Scenery in Britain**. Batsford: London, 1953.

Stamp, L. Dudley, **Britain's Structure and Scenery**. Couins (New Naturalistn Series and Fontana Books) : London, 1962 .

Tank, R. W., **Focus on Environmental Geology**. Oxford University Press:Oxford and London, 1973.

Tarzieff, H., **Volcanoes**. Prentice-Hall: London, 1962.

Trueman, A. E., **Geology and Scenery in England and Wales**.Penguin Books:Harmondsworth, Middlesex, 1963.

Wells, A. K., **Outline of Historical Geology**. Thomas Murby: London , 1960.

Complete Atlas of the British Isles. Readers' Digest: London, 1965.

The Earth. Time-Life International: New York, 1964.

٣-مراجع فى علم الخرائط Mapping

Bradshaw, M. J., and Jarman, E. A., **Geological Map Exercises**. English Universities Press: London, 1969.

Bradshaw, M. J., and Jarman, B. A., **Reading Geological Maps**. English Universities Press: London, 1969.

٤- مراجع فى علم المعادن Mineralogy

Cox, K. G., Price, B. N_ and Harte, B., **Crystals, Minerals and Rocks**. McOraw-Hill: New York, 1969.

Kerr, P. F., **Optical Mineralogy**. McGraw-Hill: London, 1959.

Rutley, P., and Read, H. H., **Elements of Mineralogy**, 24th edn. Thomas. Murby: London, 1960.

Smith, H. G., and Wells, M. K., **Minerals and the Microscope**. Thomas Murby: London, 1957.

٥- مراجع فى علم الحفريات Palaeontology

Andrew, R. C., **All About Dinosaurs.** W. H. Alien: London, 1959.

Beerbower, J. R., **Search for the Past. Prentice-Hall**: New York, 1960.

Black, R. M., **The Elements of Palaeontology.** Cambridge University Press: London, 1970.

Casanova, R ., **Fossil Collecting,** Faber &Faber: London, 1960.

Eastern, W. H., **invertebrate Palaeontology.** Harper Brothers: New York,1960.

Davies, A. M., **An Introduction to Palaeontology**. Thomas Murby: London,1961.

Matthews, W. H., **Wonders of the Dinosaur World**. Dodd, Mead: New York, 1963.

Rhodes, F. H. T., **The Evolution of Life,** Penguin Books: Harmondsworth, Middlesex, 1963.

Swinnerton, H. H. **Fossils**. Collins: London, 1960.

Woods, H., **Palaeontology**. Cambridge University Press: London, 1963.

٦- مراجع في علم الصخور Petrology

Harker, A., **Petrology for Students.** Cambridge University Press: London,1960.

Hatch, F. H., and Rastall, R. H., **The Petrology of the Sedimentary Rocks.** Alien & Unwin: London, 1965.

Hatch, F. H., Wells, A. K_ and Wells, M. K., **The Petrology of the igneous Rocks.** Thomas Murby: London, 1961.

٧- مراجع في الألواح التكتونية Tectonic Plates

Calder, N., Restless Earth. BBC: London, 1972.

Runcom, S. K., and Tarling, D. H., and others. **Continental Drift, Sea Floor Spreading and Plate Tectonics: Implications to the Earth Sciences.** Academic Press: London, 1962.

Tarling, D. H. and M. P., **Continental Drift.** Penguin Books: Haimonds-worth, 1973.

Various, **Continents Adrift.** W. H. Freeman: Reading, 1972.

Various, **Understanding the Earth.** Open University Press, 1972.

Vine, F. J., and Hess, H. H., **Sea-Floor Spreading in 'The Sea'** (Vol4). Wiley Interscience: New York, 1970.

٨- موضوعات مرتبطة بالجيولوجيا Allied Subjects

Barrass, R., **Modern Biology Made Simple**. Heinemann: London, 1982.

Bryant, R. H., **Physical Geography Made Simple**. Heinemann: London, 1982.

Hess, F. C., and Holden, J. B., **Chemistry** Made Simple. Heinemann: London, 1982 .

Lewis, J., **Anthropology Made Simple**. Heinemann: London, 1982.

Skinner, B. J., **Earth Resources**. Prentice-Hall: New Jersey, 1970.

٩- كتب أصدرها المتحف البريطانى
Handbooks published by the British Museum, London

Brothwell, D. R., **Digging up Bones**.

Cole, Sonia, **The Neolithic Revolution**.

Le Gros-Clark, Sir W., **Fossil Amphibians and Reptiles** (1962).

Oakley, K. P., **Man the Toolmaker**.

Oakley, K. P., and Muir-Wood, Helen, **The Succession of Life through Geological Time** (1962).

Swinton, W. E., **Dinosaurs** (1962).

Swinton, W. E. ,**Fossil Amphibians and Reptiles** (1962) .

Swinton, W. E., **Fossil Birds** (1950).

British Caenozoic Fossils (1963).

British Mesozoic Fossils (1962).

British Palaeozoic Fossils (1963)

١٠- كتب إقليمية أصدرتها مكتبة جلالة الملكة

Regional Handbooks published by Her Majesty's Stationery Office, London

Northern England (1953).

London and Thames Valley (1961).

Centra! England District (1947).

East Yorkshire and Lincolnshire (1948).

The Wealden District (1954).

The Welsh Borderland (1956).

South-West England (1948).

Hampshire Basin and Adjoining Areas (1961).

East Anglia and Adjoining Areas (1962).

South Wales (1948).

North Wales (1960).

The Pennines and Adjacent Areas (1945).

Bristol and Gloucester District (1948).

Grampian Highlands (1948).

Northern Highlands (1960).

South of Scotland (1948).

Midland Valley of Scotland (1948).

Tertiary Volcanic Districts (1960).

صدر من سلسلة المراجع الأساسية :

(١) البصريات.	أ.د. أحمد فؤاد باشا أ.د. شريف أحمد خيرى
(٢) مبادئ الكيمياء العملية التحليلية والعضوية وغير العضوية.	أ.د. أحمد مدحت إسلام. أ.د. السيد على حسن
(٣) أسس الكيمياء العضوية الأروماتية.	أ.د. أحمد مدحت إسلام.
(٤) أسس الكيمياء العضوية الأليفاتية.	أ.د. أحمد مدحت إسلام.
(٥) فيزياء الجوامد.	أ.د. محمد أمين سليمان. أ.د. أحمد فؤاد باشا أ.د. شريف أحمد خيرى.
(٦) أسس الكيمياء الفيزيائية. (طبعة جديدة مزيدة ومنقحة)	أ.د. أحمد مدحت إسلام. أ.د. مصطفى عمارة.
(٧) أسس الكيمياء العامة وغير العضوية.	أ.د. أحمد مدحت إسلام. أ.د. مصطفى عمارة
(٨) علم الفلك العام.	أ.د. مرفت السيد عوض. أ.د. مصطفى كمال محمود.
(٩) أسس علم الميكانيكا. (طبعة جديدة مزيدة ومنقحة)	أ.د. عبد الشافى فهمى عبادة. أ.د. على محمد أبو ستة. أ.د. أحمد بدر الدين خليل أ.د. عبدالرحمن السمان.
(١٠) العلوم الجوية وتطبيقاتها «التنمية باستخدام الأرصاد الجوية».	أ.د. محمد الشهاوى.
(١١) علم البيئة العام والتنوع البيولوجى.	أ.د. على على المرسى. أ.د. محمد محمد الشاذلى.
(١٢) أساسيات علم النبات العام: الشكل الظاهرى والتركيب التشريحى - تقسيم المملكة النباتية وظائف أعضاء النبات.	أ.د. الإمام عبده قبية. أ.د. محمود جبر أ.د. إسماعيل كامل. أ.د. عفت فهمى شبانة.
(١٣) أسس علم الرياضيات [التفاضل والتكامل].	أ.د. حسن مصطفى العويضى. أ.د. عبد الشافى فهمى عبادة. أ.د. محمد طلعت عبد الناصر.

(١٤) الفيزياء النووية.	أ.د.أحمد السعيد الناغى.
(طبعة جديدة مزيدة ومنقحة).	أ.د. محمد نبيل يس البكرى
(١٥) الفيزياء الحيوية.	أ.د. أحمد فؤاد باشا
	أ.د. فوزى حامد عبد القادر
	أ.د. السيد عوض جعفر
(١٦) أشباه الموصلات.	أ.د. شريف أحمد خيرى
	أ.د. حسن حسين حسن
(١٧) مبادئ الكيمياء النووية.	أ.د. عبد الحكيم طه قنديل
(١٨) النسبية وقوى الطبيعة.	أ.د. محمد نبيل ياسين البكرى
	أ.د. خالد على كماخى
(١٩) كيمياء عناصر الوقود النووى.	أ.د. عبد الحكيم طه قنديل
(٢٠) تقنيات القرن ٢١ لتحسين النباتات باستخدام زراعة الأنسجة.	أ.د. عبد الرحيم توفيق الناغى
	أ.د. سمير عبد الرازق الشويكى
(٢١) أساسيات علم الحيوان.	أ.د. محمد إسماعيل، أ.د.منى شرقاوى على، أ.د. تغريد عبد الرحمن حسن، أ.د. حلمى بشاى، أ.د. يحيى السيد العاصى
(٢٢) أساسيات العلوم الفيزيائية.	أ.د. أحمد فؤاد باشا
	أ.د. فوزى حامد عبد القادر
	أ.د. شريف أحمد خيرى
	أ.د. محمد نبيل يس البكرى
(٢٣) أساسيات علم الحشرات.	أ.د. على على المرسى.
	أ.د. محمد الشاذلى
(٢٤) أسس الكيمياء التحليلية غير الآلية والآلية.	أ.د. أحمد مدحت إسلام
	أ.د. مصطفى عمارة
(٢٥) الهندسة التحليلية المستوية والفراغية.	أ.د. عبدالشافى فهمى عبادة
	أ.د. حسن العويضى مصطفى
(٢٦) ميكانيكا الكم.	أ.د. محمد نبيل يس البكرى
	أ.د. صلاح الدين نبيل يس البكرى
(٢٧) علم البلورات والأشعة السينية.	أ.د. نعيمة عبد القادر أحمد
	أ.د. محمد أمين سليمان
(٢٨) الجيولوجيا الفيزيقية والتاريخية.	أ.د. حافظ شمس الدين عبد الوهاب



الدكتور
حافظ شمس الدين عبد الوهاب

أضحى أمر تعريب العلم والتعليم ضرورة من ضرورات النهضة العلمية والتقنية التى تنشدها أمتنا العربية والإسلامية لكى تستأنف مسيرتها الحضارية بلغة القرآن الكريم الذى حفظها قوية حية فى النفوس على الرغم من الوهن الذى أصاب أهلها.

ودار الفكر العربى ـ من جانبها ـ استشعرت خطورة تأخير هذا المشروع الحضارى الكبير، فسعت جاهدة إلى تحقيق الهدف النبيل، وشرعت فى إعداد **«سلسلة مراجع العلوم الأساسية»** فى مجالات الكيمياء والفيزياء والرياضيات والفلك والعلوم الجوية والچيولوچيا وعلوم الحياة، بحيث تخاطب قارئ العلوم بصورة عامة، وطلاب المرحلتين الثانوية والجامعية على وجه الخصوص.

وقد عهدت **ودار الفكر العربى** بالمسئولية العلمية إلى هيئة استشارية تتولى التخطيط لإصدار هذه السلسلة، واستكتاب أهل الخبرة والاختصاص من علماء الأمة ومفكريها، ومناقشة الأعمال المقدمة قبل صدورها.

هذه السلسلة

هذا الكتاب

يحتوى الكتاب على جزئين أساسيين يضمان بعض الفصول التى لم ترد فى كتب للچيولوچيا باللغة العربية من قبل. الجزء الأول يشمل الچيولوچيا الفيزيقية بما تضمه من فصول عن وضع كوكب الأرض فى الفضاء والمظاهر الفيزيقية على سطح الأرض والمعادن والصخور والعوامل الچيولوچية والمحيطات والبحيرات والزلازل والبراكين وعلاقة الچيولوچيا بالإنسان. أما الجزء الثانى فيعرض بأسلوب شائق الچيولوچيا التاريخية، ويشمل فصولا عن أصل الأرض وعمرها وسجل الصخور والحفريات والحياة فى العصور القديمة وتاريخ الأرض والتاريخ الچيولوچى للإنسان وتكتونية الألواح والخرائط الچيولوچية. إضافة إلى ذلك، فالكتاب يضم ملحقات عن الصفات الفيزيقية للمعادن وطرق جمع العينات الچيولوچية من الحقل، كذلك يضم معجما لمصطلحات الچيولوچيا التى وردت فى الكتاب، يشمل ٦٨٠ مصطلحا باللغة الإنجليزية وما يقابلها باللغة العربية شرحا وتوضيحا.

هذا الكتاب يعد أساسا لدراسة الچيولوچيا لطلاب التعليم الجامعى وكذلك للچيولوچى المحترف أو المبتدئ ولهواة الثقافة العلمية الراقية المبسطة، ويساعد على ذلك الأسلوب المبسط والرسوم التوضيحية والخرائط والجداول التلخيصية التى يعنى بها الكتاب.



I.S.B.N. 977-10-2053-6